

CA1 EP 53074E01

Canada, EPS, APCD.

Report EPS 1-A-74-1

STANDARD REFERENCE METHODS FOR SOURCE TESTING:

MEASUREMENT OF EMISSIONS OF PARTICULATES FROM STATIONARY
SOURCES. 1974.

CA 1 EP53074E01



3 1761 05688511 4

Standard Reference Methods for Source Testing: Measurement of Emissions of Particulates from Stationary Sources

Earth Sciences Library

Regulations, Codes, and Protocols
Report EPS 1-AP-74-1Canada, Dept. of Govt
Air Pollution

Control Directorate

February 1974

ENVIRONMENTAL PROTECTION SERVICE REPORT SERIES

Reports pertaining to Regulations, Codes, and Protocols describe current legislation and administrative approaches favoured by the Environmental Protection Service.

Other categories in the EPS series include such groups as Policy and Planning; Economic and Technical Review; Technology Development; Surveillance; Briefs and Submissions to Public Inquiries; and Environmental Impact and Assessment.

Inquiries pertaining to Environmental Protection Service Reports should be directed to the Environmental Protection Service, Department of the Environment, Ottawa K1A 0H3, Ontario, Canada.

STANDARD REFERENCE METHODS FOR SOURCE TESTING:
MEASUREMENT OF EMISSIONS OF PARTICULATES FROM STATIONARY SOURCES

Air Pollution Control Directorate
Environmental Protection Service

Report EPS 1-AP-74-1
February 1974

FOREWORD

The six test methods (A to F) presented in this report are used in various combinations to determine particulate emissions from stationary sources. The combination of test methods to be used for a specific source will be prescribed in guidelines and regulations applicable to the source. The test methods may also be used independently to determine certain characteristics of a gas stream, e.g. gas velocity and flow rate, moisture content, or gas density.



Digitized by the Internet Archive
in 2025 with funding from
University of Toronto

<https://archive.org/details/31761056885114>

TABLE OF CONTENTS		PAGE
FOREWORD		i
LIST OF TABLES		v
LIST OF FIGURES		vi
1	METHOD A: DETERMINATION OF SAMPLING SITE AND TRAVERSE POINTS	1
1.1	Principle	1
1.2	Procedure	1
2	METHOD B: DETERMINATION OF STACK GAS VELOCITY AND VOLUMETRIC FLOW RATE	7
2.1	Principle	7
2.2	Apparatus	7
2.3	Procedure	8
2.4	Calculations	9
3	METHOD C: DETERMINATION OF MOLECULAR WEIGHT BY GAS ANALYSIS	13
3.1	Principle	13
3.2	Apparatus	13
3.3	Procedure	14
3.4	Calculations	15
4	METHOD D: DETERMINATION OF MOISTURE CONTENT	19
4.1	Principle	19
4.2	Apparatus	19
4.3	Procedure	20
4.4	Calculations	21
5	METHOD E: DETERMINATION OF PARTICULATE EMISSIONS	27
5.1	Principle	27
5.2	Apparatus	27
5.3	Reagents	29
5.4	Procedure	30
5.5	Calculations	33

6	METHOD F: CALIBRATION PROCEDURE FOR S-TYPE PITOT TUBE, DRY GAS METER, ORIFICE METER, AND ROTAMETER	43
6.1	S-Type Pitot Tube	43
6.2	Dry Gas Meter and Orifice Meter	44
6.3	Rotameter	48
	BIBLIOGRAPHY	55

LIST OF TABLES

TABLE		PAGE
A-1	MINIMUM REQUIRED NUMBER OF TRAVERSE POINTS FOR SAMPLING SITES WHICH MEET SPECIFIED CRITERIA	2
A-2	LOCATION OF TRAVERSE POINTS ON DIAMETERS OF CROSS SECTIONS OF CIRCULAR STACKS	5

LIST OF FIGURES

FIGURE		PAGE
A-1	TRAVERSE POINT MULTIPLES TO DETERMINE MINIMUM NUMBER OF TRAVERSE POINTS REQUIRED WHEN $A < 2$ OR $B < 8$	3
A-2	LOCATION OF TRAVERSE POINTS ON CIRCULAR AND RECTANGULAR CROSS SECTIONS DIVIDED INTO 12 EQUAL AREAS	4
B-1	S-TYPE PITOT TUBE AND MANOMETER ASSEMBLY	11
B-2	VELOCITY TRAVERSE DATA SHEET	12
C-1	GRAB SAMPLE TRAIN	16
C-2	INTEGRATED SAMPLE TRAIN	17
D-1	MOISTURE SAMPLING TRAIN	24
D-2	MOISTURE DATA SHEET	25
E-1	PARTICULATE SAMPLING TRAIN	39
E-2	PARTICULATE FIELD DATA SHEET	40
E-3	MOISTURE ANALYSIS DATA SHEET	41
E-4	PARTICULATE MATTER ANALYTICAL DATA SHEET	42
F-1	ASSEMBLY FOR CALIBRATION OR DRY GAS METER AND ORIFICE METER	51
F-2	DRY GAS METER AND ORIFICE METER CALIBRATION AND CALCULATION DATA SHEET	52
F-3	CALIBRATION ASSEMBLY USING WET TEST METER	53
F-4	ROTAMETER CALIBRATION DATA SHEET	54
SCHEME		
F-1	ORIFICE CALIBRATION	46

1 METHOD A: DETERMINATION OF SAMPLING SITE AND
 TRAVERSE POINTS

1.1 PRINCIPLE

A sampling site and the number of traverse points are selected to optimize the extraction of a representative sample.

1.2 PROCEDURE

1.2.1 Selection of Sampling Site and Minimum Number of
 Traverse Points

1.2.1.1 Select for a sampling site any cross section of the stack or duct that is at least eight stack or duct diameters downstream and two diameters upstream from any flow disturbance such as a bend, expansion, contraction, visible flame, or stack exit (see inset, Figure A-1). For rectangular cross sections the larger dimension shall be used to represent the stack diameter.

1.2.1.2 When the above sampling site criteria can be met, determine the minimum number of traverse points required from Table A-1. The minimum required number of traverse points is a direct function of stack or duct diameter.

1.2.1.3 When a sampling site such as described in section 1.2.1.1 is not accessible, choose a convenient sampling location and use Table A-1 and Figure A-1 to determine the minimum required number of traverse points. First, measure the distance from the chosen sampling location to the nearest upstream and downstream disturbances. Then, from Figure A-1 determine the corresponding sample point multiples for both distances and select the greater of these. Multiply it by the number obtained from Table A-1. The result of this calculation is the minimum number of traverse points required. This number may have to be increased such that for circular stacks the number is a multiple of 4 and for rectangular stacks the number follows the criteria of section 1.2.2.2.

1.2.2 Cross-Sectional Layout and Location of
Traverse Points

1.2.2.1 For circular stacks divide the cross section into equal parts by two right-angle diameters. Locate half the traverse points symmetrically along each diameter according to Figure A-2 and Table A-2.

1.2.2.2 For rectangular stacks divide the cross section into as many equal rectangular areas as there are traverse points such that the ratio of the length to the width of the elemental area is between one and two. Locate the traverse points at the centroid of each area according to Figure A-2.

1.2.2.3 Under no conditions shall a sampling point be selected within 1 in. of the stack wall.

TABLE A-1 MINIMUM REQUIRED NUMBER OF TRAVERSE POINTS FOR
SAMPLING SITES WHICH MEET SPECIFIED CRITERIA*

Inside diameter of stack or duct (ft)	Number of points
I.D. $\leq$ 1	4
1 < I.D. $\leq$ 2	8
2 < I.D. $\leq$ 4	12
4 < I.D. $\leq$ 8	20
8 < I.D. $\leq$ 16	32
16 < I.D.	Refer to Environment Canada before testing

*This table shall be used as described in section 1.2.1.

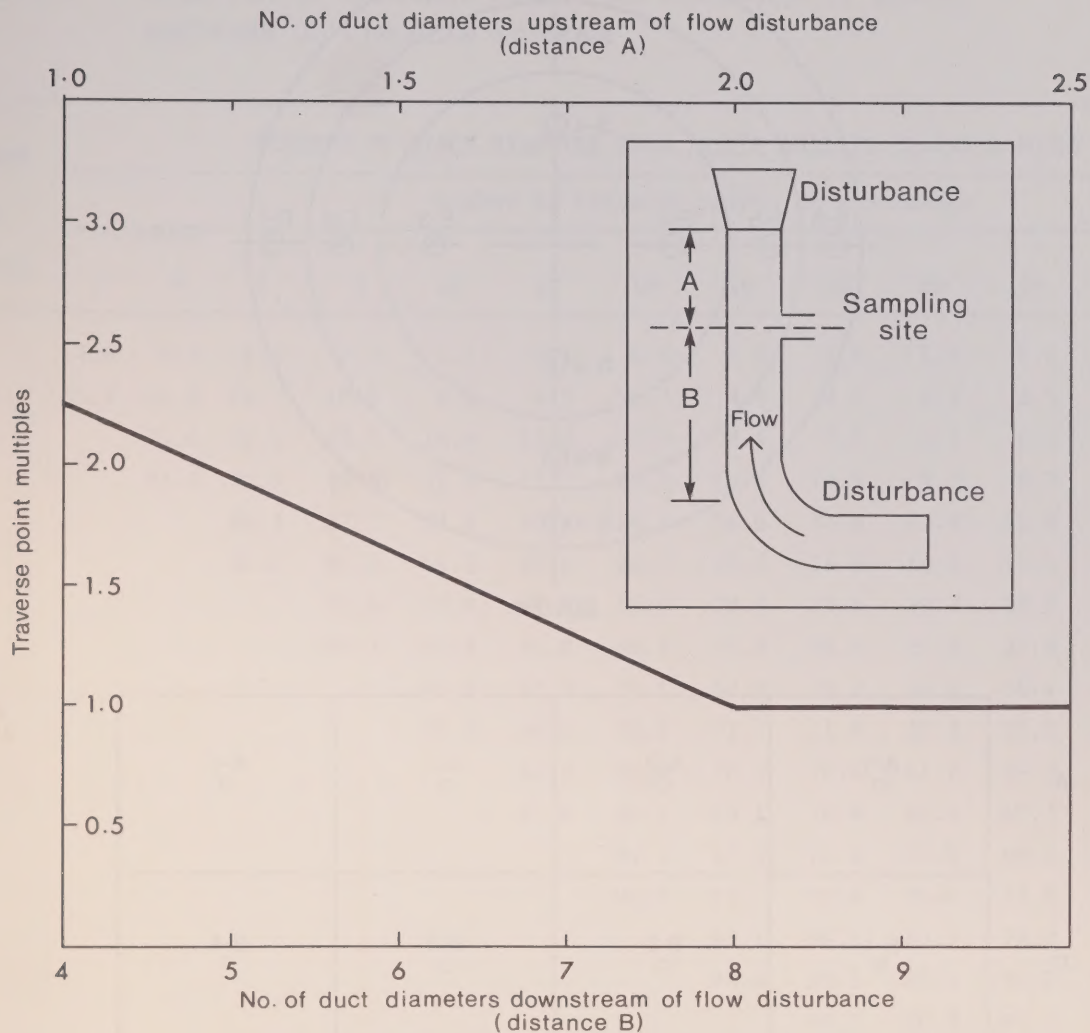
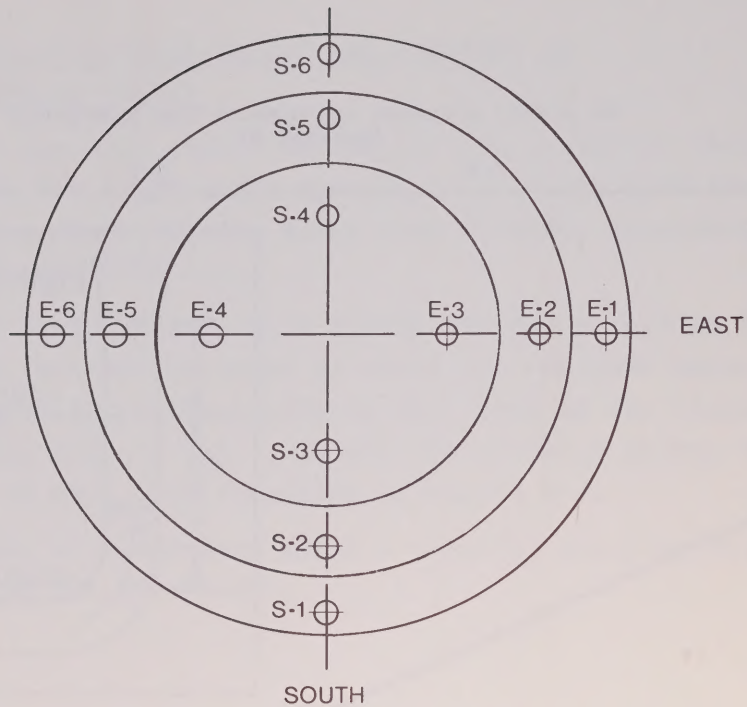


FIGURE A-1 TRAVERSE POINT MULTIPLES TO DETERMINE MINIMUM NUMBER OF TRAVERSE POINTS REQUIRED WHEN $A < 2$ OR $B < 8$

When $A < 1$ or $B < 4$ refer to Environment Canada before testing



A	A-1 ○	A-2 ○	A-3 ○	A-4 ○
B	B-1 ○	B-2 ○	B-3 ○	B-4 ○
C	C-1 ○	C-2 ○	C-3 ○	C-4 ○

FIGURE A-2 LOCATION OF TRAVERSE POINTS ON CIRCULAR AND RECTANGULAR CROSS SECTIONS DIVIDED INTO 12 EQUAL AREAS

TABLE A-2 LOCATION OF TRAVERSE POINTS ON DIAMETERS OF CROSS SECTIONS OF CIRCULAR STACKS

[illegible]

2 METHOD B: DETERMINATION OF STACK GAS VELOCITY
AND VOLUMETRIC FLOW RATE

2.1 PRINCIPLE

2.1.1 Stack gas velocity is determined from gas density and from measurement of velocity pressure with an S-type (Stauscheibe or reverse type) pitot tube. A standard pitot tube may be used in clean gas streams where plugging of the tube openings is not likely to occur.

2.1.2 Stack gas volumetric flow rate is determined from measurements of stack gas velocity, temperature, absolute pressure, dry gas composition, moisture content, and stack diameter.

2.2 APPARATUS

2.2.1 S-Type Pitot (Figure B-1)

The S-type pitot tube is used to measure stack gas velocity and static pressures. The pitot tube coefficient must be within $\pm 5\%$ over the working range.

2.2.2 Standard Pitot

A standard pitot tube is required for calibrating the S-type pitot tube and can also be used for measuring velocity pressure in clean gas streams.

2.2.3 Differential Pressure Gauge

An inclined manometer or equivalent capable of measuring velocity pressure to within 0.005 in. H₂O shall be used.

2.2.4 Temperature Gauge

A thermocouple or equivalent capable of measuring stack temperature to within 1.5% of the minimum absolute stack temperature is required. When stack temperatures exceeding

700 °F are encountered, appropriate shielding and aspiration shall be provided for the thermocouple. The temperature and corrosiveness of the stack gases will determine the type of thermocouple to be used. The thermocouple is attached to the pitot tube as shown in Figure B-1.

2.2.5 Barometer

A barometer capable of measuring atmospheric pressure to within 0.1 in. Hg is needed.

2.2.6 Gas Analyzer

An analyzer capable of determining molecular weight on a dry basis within $\pm 0.5\%$ is required to determine stack gas composition.

2.3 PROCEDURE

2.3.1 Set up the apparatus as shown in Figure B-1 using an S-type pitot tube that has been calibrated according to method F. Ensure that all connections are tight and leak free. Measure the velocity pressure and temperature concurrently at the traverse points specified by method A. Record these measurements on the velocity traverse data sheet (Figure B-2).

2.3.2 Measure the static pressure in the stack by disconnecting one leg of the pitot tube from the manometer and then rotating the assembly until the openings in the pitot tube are perpendicular to the gas flow. Record the manometer reading on the velocity traverse data sheet (Figure B-2).

2.3.3 Determine the stack gas molecular weight by gas analysis and appropriate calculations as indicated in method C.

2.4 CALCULATIONS

2.4.1 Average Stack Gas Velocity

Use Equation B-1 to calculate the average stack gas velocity at each traverse point:

$$[B-1] \quad U_s = K_p C_p (\Delta p)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{T_s}{P_s M_s} \right)^{\frac{1}{2}}$$

where

U_s - stack gas velocity, ft/s

K_p - constant, 85.33 (ft/s) $\left(\frac{1\text{b-in. Hg}}{1\text{b-mole } ^\circ\text{R in. H}_2\text{O}} \right)^{\frac{1}{2}}$

C_p - S-type pitot tube coefficient

T_s - absolute stack gas temperature, $^\circ\text{R}$

(Δp) - stack gas velocity pressure, in. H_2O

P_s - absolute stack gas pressure, in. Hg

M_s - molecular weight of stack gas on wet basis (see Equation C-3), lb/lb-mole

2.4.2 Stack Gas Volumetric Flow Rate

Use Equation B-2 to calculate the stack gas volumetric flow rate:

$$[B-2] \quad Q_s = 3600 (U_s)_{\text{avg}} A_s (1 - B_{\text{wo}}) \left(\frac{T_{\text{ref}}}{(T_s)_{\text{avg}}} \right) \left(\frac{P_s}{P_{\text{ref}}} \right)$$

where

- Q_s - volumetric stack gas flow rate on dry basis
at reference conditions, ft^3/h
- $(U_s)_{\text{avg}}$ - average stack gas velocity, ft/s
- A_s - cross-sectional area of duct or stack, ft^2
- B_{wo} - proportion by volume of water vapor in
stack gas
- T_{ref} - absolute temperature at reference conditions,
 537°R
- $(T_s)_{\text{avg}}$ - average absolute stack gas temperature, $^\circ\text{R}$
- P_s - absolute stack gas pressure, in. Hg
- P_{ref} - absolute pressure at reference conditions,
 29.92 in. Hg
- 3600 - conversion factor, s/h
- NOTE - $(U_s)_{\text{avg}}$ is calculated by averaging the
stack gas velocities measured at each
traverse point.

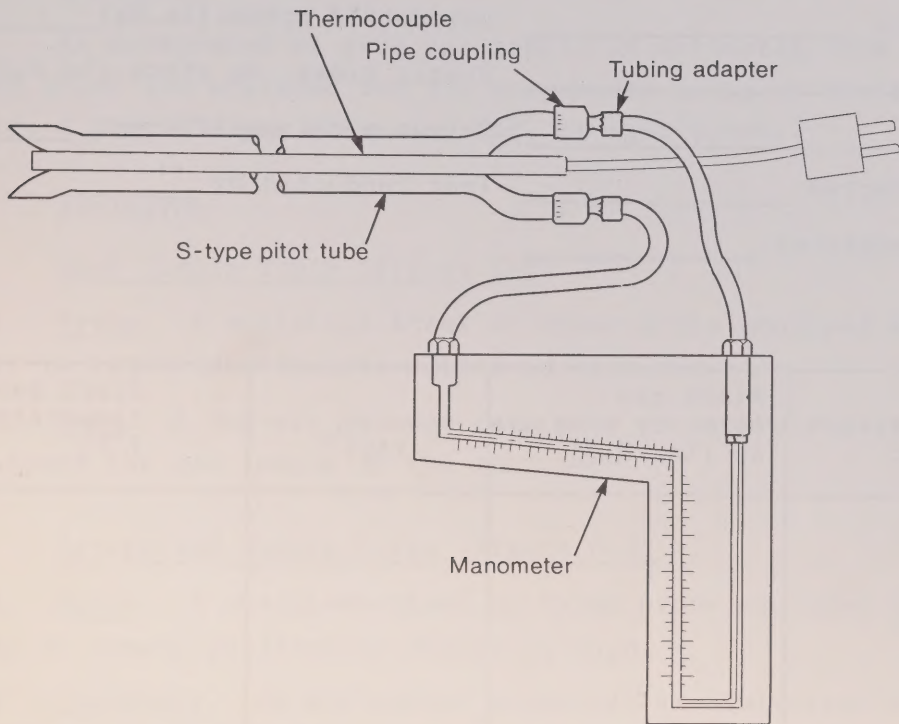


FIGURE B-1 S-TYPE PITOT TUBE AND MANOMETER ASSEMBLY

FIGURE B-2 VELOCITY TRAVERSE DATA SHEET

Plant _____	Stack dia. (in.) _____
Location _____	Barometric press. (in. Hg) _____
Test _____	Static press. in stack (in. H ₂ O) _____
Date _____	S-type pitot coefficient _____
Time started _____	Test conducted by _____
Time completed _____	

Traverse point	Stack gas velocity pressure Δp (in. H_2O)	$(\Delta p)^{1/2}$	Stack gas temperature ($^{\circ}F$)
Average			

3 METHOD C: DETERMINATION OF MOLECULAR WEIGHT
 BY GAS ANALYSIS

3.1 PRINCIPLE

An integrated or grab gas sample is extracted from a sampling point and analyzed for its components using an Orsat analyzer, a portable gas chromatograph, or equivalent.

3.2 APPARATUS

3.2.1 Grab Sample Train (Figure C-1)

3.2.1.1 Probe. A stainless-steel or Pyrex probe equipped with a filter to remove particulate matter is required.

3.2.1.2 Pump. A one-way squeeze bulb pump or equivalent is used to transport the gas sample to the analyzer.

3.2.2 Integrated Sample Train (Figure C-2)

3.2.2.1 Probe. A stainless-steel or Pyrex probe equipped with a filter to remove particulate matter is used.

3.2.2.2 Condenser. An air-cooled condenser or equivalent to remove any excess moisture is required.

3.2.2.3 Needle valve. A valve to adjust flow rate is required.

3.2.2.4 Pump. A leak-free diaphragm-type pump or equivalent is used to pull gas through the sample train.

3.2.2.5 Rate meter. A meter capable of measuring a flow range from 0 to 0.035 ft³/min is required.

3.2.2.6 S-type pitot tube. An S-type pitot tube or equivalent is attached to the probe so that the sampling flow rate can be regulated proportional to the stack gas velocity when velocity is varying with time or a sample traverse is conducted.

3.2.2.7 Flexible bag. A flexible bag of nonreactive material such as Tedlar or equivalent with a capacity of 2 - 3 ft³ is required.

3.2.3 Analysis

An Orsat analyzer, portable gas chromatograph, or equivalent is needed.

3.3 PROCEDURE

3.3.1 Grab Sampling

3.3.1.1 Set up the equipment as shown in Figure C-1 ensuring that all connections are leak free. Place the probe in the stack at a sampling point and purge the sampling line.

3.3.1.2 Draw a sample into the analyzer.

3.3.2 Integrated Sampling

3.3.2.1 Evacuate the flexible bag. Assemble the equipment as shown in Figure C-2 with the bag disconnected. Place the probe in the stack and purge the sampling line. Connect the bag, ensuring that all connections are tight and leak free.

3.3.2.2 Sample at a rate proportional to the stack gas velocity. Proportional sampling is defined as sampling at a rate such that the velocity (V_n) of the sample through the nozzle is proportional to the velocity in the stack (V_s) at the sampling point, or $V_n = K V_s$. Any change in the stack gas velocity necessitates a change in the sampling rate to maintain the originally established proportionality constant K.

3.3.3 Analysis

3.3.3.1 Determine the gaseous concentrations as soon as possible after sampling.

3.3.3.2 For grab sampling, repeat the sampling and analysis until three consecutive samples vary no more than 0.5% by volume for each component being analyzed.

3.3.3.3 For integrated sampling, repeat the analysis of the sample until three consecutive analyses vary no more than 0.2% by volume for each component being analyzed.

3.4 CALCULATIONS

3.4.1 Average Molecular Weight

The average molecular weight of the gas mixture is described by the expression:

$$M = \sum_{i=1}^n x_i M_i$$

where x_i is the mole fraction and M_i the mole weight of each constituent in the mixture.

3.4.2 Dry and Wet Molecular Weights

For the majority of sources, use Equation C-1 to calculate the dry molecular weight of the sample. This equation may be modified with additional terms if other gaseous constituents that will influence the molecular weight of the sample are present. Use Equation C-2 to calculate the molecular weight of the stack gas on a wet basis.

$$[C-1] \quad M_d = 0.44(\%CO_2) + 0.32(\%O_2) + 0.28(\%N_2 + \%CO)$$

$$[C-2] \quad M_s = M_d(1 - B_{wo}) + 18B_{wo}$$

where

M_d - molecular weight of stack gas on dry basis,
lb/lb-mole

M_s - molecular weight of stack gas on wet basis,
lb/lb-mole

$\%CO_2$ - percent carbon dioxide by volume, dry basis

$\%O_2$ - percent oxygen by volume, dry basis

$\%N_2$ - percent nitrogen by volume, dry basis

- 0.44 - molecular weight of carbon dioxide
divided by 100, lb/lb-mole
- 0.32 - molecular weight of oxygen divided by 100,
lb/lb-mole
- 0.28 - molecular weight of nitrogen and carbon
monoxide divided by 100, lb/lb-mole
- B_{wo} - proportion by volume of water vapor in
stack gas
- 18 - molecular weight of water, lb/lb-mole
- NOTE - $\%N_2$ is calculated using the difference method.
In the majority of cases the following
equation may be used:

$$\%N_2 = 100 - (\%CO_{2avg} + \%O_{2avg} + \%CO_{avg})$$

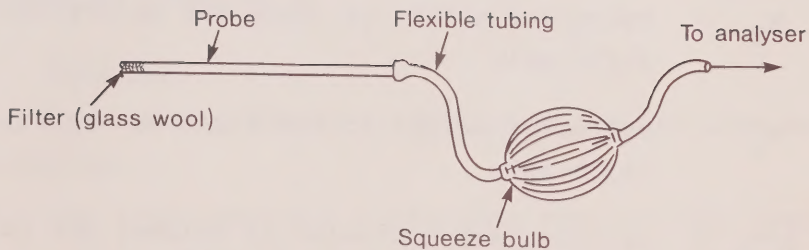


FIGURE C-1 GRAB SAMPLE TRAIN

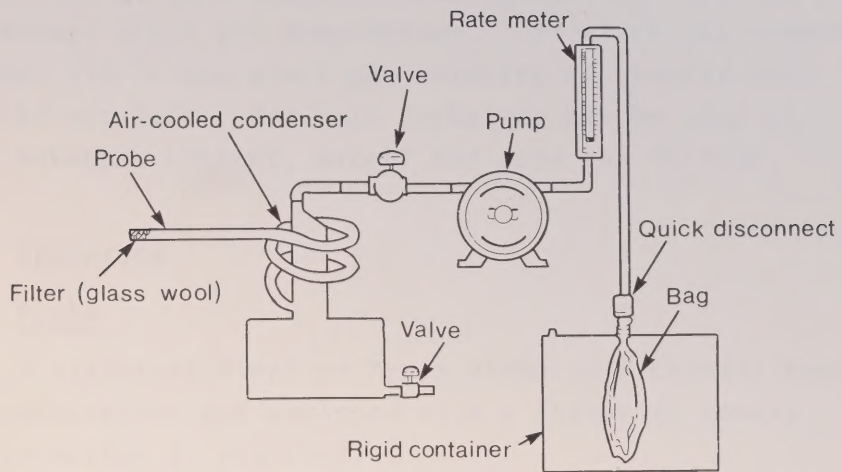


FIGURE C-2 INTEGRATED SAMPLE TRAIN

4 METHOD D: DETERMINATION OF MOISTURE CONTENT

4.1 PRINCIPLE

Moisture is removed from the gas stream, condensed, and measured volumetrically. If the presence of liquid droplets is suspected, the moisture content determined using this method should be compared with psychrometric charts to ensure that moisture levels greater than saturated conditions are not reported for the average stack gas temperature. If stack gas temperature is less than 212 °F and stack gas velocity is greater than 15 ft/s, the wet bulb - dry bulb technique may be used to determine moisture content, except for acid gas streams.

4.2 APPARATUS

4.2.1 Probe

A stainless-steel or Pyrex probe sufficiently heated to prevent condensation and equipped with a filter to remove particulate matter is required.

4.2.2 Impingers

Two midget impingers each with 30 ml capacity or equivalent are required.

4.2.3 Ice Bath Container

An ice bath to condense moisture in impingers is used.

4.2.4 Silica Gel Tube (Optional)

This tube is used to protect the pump and dry gas meter.

4.2.5 Flow Control Valve

A valve is needed to regulate gas flow.

4.2.6 Pump

A leak-free pump is required to pull gas through the train.

4.2.7 Dry Gas Meter

A calibrated dry gas meter capable of measuring to within 1% of the total sample volume is required.

4.2.8 Rotameter

A rotameter or orifice meter calibrated to measure up to a maximum flow of 0.2 ft³/min is needed.

4.2.9 Graduated Cylinder

A 25 ml graduated cylinder is required.

4.2.10 Barometer

A barometer capable of reading to within 0.1 in. Hg is required.

4.2.11 S-Type Pitot Tube

An S-type pitot tube or equivalent is attached to the probe so that the sampling flow rate can be regulated proportionally to the stack gas velocity when velocity is varying with time or a sample traverse is conducted.

4.3 PROCEDURE

4.3.1 Place exactly 5 ml distilled water in each impinger. Assemble the apparatus without the probe as shown in Figure D-1. Test for leaks by plugging the inlet to the first impinger and drawing a vacuum.

4.3.2 Connect the probe and sample at 0.075 ft³/min. Adjust the sampling rate proportionally to any changes in stack gas velocity. Continue sampling until the dry gas meter registers 1 ft³ or until visible liquid droplets are carried over from the first impinger to the second. Record temperature, pressure, and dry gas meter readings and tabulate using Figure D-2.

4.3.3 After collecting the sample, measure the volume increase to the nearest 0.5 ml.

4.4 CALCULATIONS

4.4.1 Volume of Water Vapor Collected

Use Equation D-1 to calculate the volume of water vapor collected:

$$\begin{aligned} \left[\text{D-1} \right] \quad V_{wc} &= \frac{(V_f - V_i) \rho_{H_2O} R T_{ref}}{(453.59) P_{ref} M_{H_2O}} \\ &= 0.0480 \text{ ft}^3/\text{ml} (V_f - V_i) \end{aligned}$$

where

- V_{wc} - volume of water vapor collected at reference conditions, ft^3
- V_f - final volume of impinger contents, ml
- V_i - initial volume of impinger contents, ml
- 453.59 - conversion factor, g/lb
- R - ideal gas constant,
21.83 (in. Hg ft^3) (lb-mole $^{\circ}\text{R}$)
- ρ_{H_2O} - density of water, 1 g/ml
- T_{ref} - absolute temperature at reference conditions,
537 $^{\circ}\text{R}$
- P_{ref} - absolute pressure at reference conditions,
29.92 in. Hg
- M_{H_2O} - molecular weight of water, 18 lb/lb-mole

4.4.2 Gas Volume

Use Equation D-2 to calculate gas volume:

$$\begin{aligned}
 \text{[D-2]} \quad (V_m)_{\text{ref}} &= V_m \left(\frac{P_m}{P_{\text{ref}}} \right) \left(\frac{T_{\text{ref}}}{T_m} \right) \\
 &= 17.95 \frac{{}^{\circ}\text{R}}{\text{in. Hg}} \left(\frac{V_m P_m}{T_m} \right)
 \end{aligned}$$

where

$(V_m)_{\text{ref}}$ - dry gas volume through dry gas meter at reference conditions, ft^3

V_m - dry gas volume measured by dry gas meter, ft^3

P_m - absolute pressure at the dry gas meter, in. Hg

P_{ref} - absolute pressure at reference conditions, 29.92 in. Hg

T_m - absolute temperature at dry gas meter, ${}^{\circ}\text{R}$

T_{ref} - absolute temperature at reference conditions, 537 ${}^{\circ}\text{R}$

4.4.3 Moisture Content

Use Equation D-3 to calculate moisture content:

$$[D-3] \quad B_{wo} = \frac{V_{wc}}{V_{wc} + (V_m)_{ref}} + B_{wm}$$

$$B_{wm} = \frac{P_v}{P}$$

where

- B_{wo} — proportion by volume of water vapor in the gas stream
- V_{wc} — volume of water vapor collected at reference conditions, ft^3
- $(V_m)_{ref}$ — dry gas volume through dry gas meter at reference conditions, ft^3
- B_{wm} — volumetric proportion of water vapor in the gas stream leaving the last impinger
- P_v — partial pressure of water vapor leaving the last impinger, in. Hg
- P — absolute pressure at last impinger; may be approximated by the barometric pressure, in. Hg

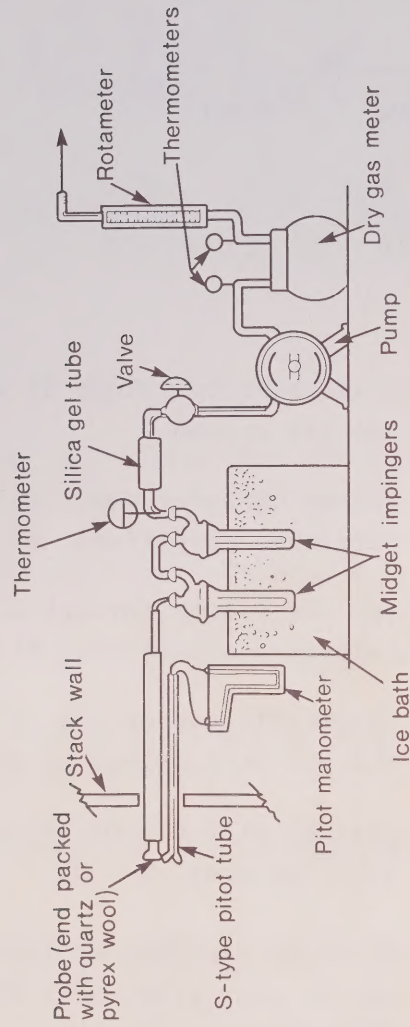


FIGURE D-1 MOISTURE SAMPLING TRAIN

FIGURE D-2 MOISTURE DATA SHEET

Plant _____

Location _____

Test _____

Date _____

Barometric pressure, in. Hg

Volume of moisture condensed, ml

Test conducted by

[illegible]

5 METHOD E: DETERMINATION OF PARTICULATE EMISSIONS

5.1 PRINCIPLE

Particulate matter is withdrawn isokinetically from a number of sampling points in the stack and its weight determined gravimetrically after removal of uncombined water. Sampling isokinetically means that the linear velocity of the gas entering the sampling nozzle is equal to that of the undisturbed gas stream at the sample point.

5.2 APPARATUS

5.2.1 Sampling Train (Figure E-1)

5.2.1.1 Nozzle. A stainless-steel nozzle with sharp, tapered leading edge is required. An equivalent nozzle made of Pyrex, Vycor, borosilicate, or quartz may be used when high temperature or corrosive gases are encountered.

5.2.1.2 Probe. A Pyrex probe encased in stainless-steel tubing with a heating system capable of maintaining a gas temperature in excess of the acid dewpoint or 250 °F, whichever is greater, at the exit end during sampling to prevent condensation is required. Probes for sampling gas streams in excess of 600 °F shall be constructed of special glass liners such as Vycor, quartz, or equivalent material. Where length or strength limitations preclude the use of a glass liner, Incoloy 825 or equivalent may be used. Water-cooled probes may be used where very hot gases capable of damaging the nozzle-probe assembly are encountered.

5.2.1.3 S-type pitot tube. An S-type pitot tube or equivalent is attached to the probe to monitor stack gas velocity.

5.2.1.4 Temperature gauge. A thermocouple or equivalent capable of measuring stack temperatures to within 1.5% of the minimum absolute stack temperature is attached to the pitot tube. When stack temperatures exceeding 700 °F are encountered, appropriate shielding and aspiration shall be provided for the

thermocouple. The temperature and corrosiveness of the stack gases will determine the type of thermocouple to be used.

5.2.1.5 Miniature cyclone (optional). A Pyrex miniature cyclone following the sampling probe and preceding the filter is used to collect the large-particulate fraction in gas streams when appreciable. The cyclone prevents the premature build-up of particulate matter on the filter medium and permits longer sampling runs than can be achieved without it. The cyclone must be maintained at a temperature in excess of the acid dewpoint of the gas sampled or 225 °F, whichever is greater.

5.2.1.6 Filter holder. A Pyrex filter holder with a heating system capable of maintaining a temperature in excess of the acid dewpoint of the gas sampled or 225 °F, whichever is greater, is required. A filter support of porous fritted glass material or equivalent and a suitable gasket shall be used.

5.2.1.7 Filter. A flash-fired glass fibre filter (organic binder removed) of a diameter compatible with the filter holder and of 0.3 µm porosity is needed. Other types of filter media may be used depending on the type, size, and amount of particulate matter, the temperature and corrosive constituents in the stack gases, and the subsequent analysis required.

5.2.1.8 Impingers. Four Greenburgh-Smith impingers are connected in series. The first, third, and fourth impingers are modified by replacing the tips and impaction plate of the standard design with a ½ in. I.D. glass tube extending to ½ in. from the bottom of the flask. The second impinger has the standard tip and impaction plate.

5.2.1.9 Leakless vacuum pump. A vacuum pump capable of maintaining an isokinetic sampling rate and continuously withdrawing a portion of the stack gases through the sampling train is used. The pump is connected to the outlet of the last impinger by a vacuum line containing a vacuum gauge to measure the pump intake vacuum to within 0.5 in. Hg and a coarse adjust valve to regulate sample flow. A bypass valve is connected across the vacuum pump to allow for fine control of the sample flow.

5.2.1.10 Dry gas meter. A dry gas meter calibrated to within $\pm 1\%$ and equipped with inlet and outlet temperature indicators is used to determine sample volume. The dry gas meter follows the vacuum pump in the sampling train.

5.2.1.11 Orifice meter. A calibrated orifice meter is used to measure the sample flow rate. The orifice meter is connected to the outlet of the dry gas meter.

5.2.1.12 Differential pressure gauges. Inclined manometers or equivalent capable of measuring pitot tube velocity pressure and the pressure drop across the orifice meter to within 0.005 in. H₂O are required.

5.2.1.13 Barometer. A barometer capable of measuring atmospheric pressure to ± 0.1 in. Hg shall be used.

5.2.2 Sample Recovery

5.2.2.1 Probe brush. A brush at least as long as the probe is required.

5.2.2.2 Miscellaneous. Two wash bottles, sample storage containers, and a 250 ml graduated cylinder are required.

5.2.3 Sample Analysis

5.2.3.1 Trip balance. A 300 g capacity balance capable of measuring to ± 0.05 g is required.

5.2.3.2 Analytical balance. A balance capable of measuring to ± 0.1 mg shall be used.

5.2.3.3 Miscellaneous. Glass weighing dishes and a desiccator are required.

5.3 REAGENTS

5.3.1 Sampling Train

Indicating-type 6-16 mesh silica gel dried at 350 °F for 2 h, deionized or distilled water, and crushed ice are required.

5.3.2 Sample Recovery

Reagent-grade, acetone and deionized or distilled water are required.

5.3.3 Sample Analysis

Deionized or distilled water is required.

5.4 PROCEDURE

5.4.1 Sampling Train

5.4.1.1 Preliminary. Select the sampling site and minimum number of sampling points according to procedures described in method A. Determine the stack pressure, temperature, moisture, and range of velocity pressures, and use this information to calculate the required isokinetic sampling flow rate during subsequent stack-sampling tests. Determine the size of nozzle required for isokinetic sampling using these data. Recommended minimum nozzle size is $\frac{1}{4}$ in. I.D.

5.4.1.2 Preparation of collection train. Label a filter of proper diameter, desiccate for at least 24 h using Drierite or equivalent at 70 ± 10 °F, and weigh to the nearest 0.5 mg in a room where the relative humidity is less than 50%. The preweighed filter should be placed in a clean container to prevent contamination during transportation to the sampling site. Weigh to the nearest gram approximately 200 g of silica gel. Place 100 ml of deionized or distilled water in each of the first two impingers, leave the third impinger empty, and place approximately 200 g of preweighed silica gel in the fourth impinger. Set up the sampling train without the probe as in Figure E-1. Check the sampling train at the sampling site for leaks by plugging the inlet to the filter holder and pulling a 15 in. Hg vacuum. If the needle on the dry gas meter moves, a leakage rate not in excess of 0.02 ft³/min at a vacuum of 15 in. Hg is acceptable. Attach the probe and adjust the heater to provide a minimum gas temperature of 250 °F at the probe outlet.

Adjust the filter heating system to provide a temperature of 225 °F at the filter holder. Place crushed ice around the impingers. Add more ice during the run to keep the temperature of the gases leaving the last impinger as low as possible, preferably at 70 °F or less. Temperatures above 70 °F may result in damage to the dry gas meter from either moisture condensation or excessive heat.

5.4.1.3 Particulate train operation. To begin sampling, position the sampling nozzle at the first sampling point (traverse point). Point the nozzle directly into the approaching gas stream and secure the entire apparatus to the support system. Immediately start the vacuum pump and adjust the sampling flow rate to isokinetic conditions. Sample for at least 5 min at each sampling point; sampling time must be the same for each point. Maintain isokinetic sampling throughout the sampling period by making the necessary adjustments in the sampling flow rate as stack conditions change, or as the build-up of particulate matter on the filter affects the flow. Nomographs are available, or can be constructed, which aid in the rapid adjustment of the sampling rate without other computations. For each run, record the data required on the example sheet shown in Figure E-2. Instrument readings shall be recorded at intervals that are consistent with the time duration established for each point. For example, if testing for a minimum of 5 min per point, readings should be recorded every 2½ min and whenever flow adjustments are necessary. The time between readings should not exceed 5 min. When the traverse is completed, turn off the vacuum pump and record the final instrument readings. Transfer the sampling apparatus to the other sampling port and repeat the sampling procedure. When the second traverse is completed, remove the sampling apparatus from the stack and handle in accordance with the sample recovery procedure described in section 5.4.2.

5.4.2 Sample Recovery

At the sampling site, disconnect the probe from the sampling train. Exercise care in moving the collection train from the test site to the sample recovery area to minimize the loss of collected sample or the gain of extraneous particulate matter. Wash the interior surfaces of the nozzle-probe assembly with acetone using a brush to remove the particulate matter adhering to the walls, place these washings in a numbered container (container 1), and cover. If a miniature cyclone was used ahead of the filter, remove it from the collection train and wash the interior surfaces with acetone; use a rubber policeman to remove the particulate matter adhering to these surfaces, and add these washings to container 1. Remove the filter from its holder, transfer to its container, and seal. Wash the interior surfaces of the filter holder preceding the filter with acetone and add the washings to container 1. Seal this container. Measure the volume of water in the first three impingers to the nearest 0.5 ml and record the results on the moisture analysis data sheet (Figure E-3). Transfer the contents of the three impingers to a second numbered container (container 2). Rinse the first three impingers, all connectors, and the interior surface of the filter holder following the filter with deionized or distilled water and add these washings to container 2. Seal container 2. Using a rubber policeman if necessary, transfer the silica gel from the fourth impinger to a container and seal.

5.4.3 Sample Analysis

5.4.3.1 Nozzle-probe, cyclone, and filter holder washings.

Transfer the contents of container 1 to a tared glass beaker, cover with a watch glass, and evaporate to dryness at room temperature and pressure. Desiccate to a constant weight. Record results to the nearest 0.5 mg on the particulate matter analysis sheet (Figure E-4).

5.4.3.2 Cyclone collection flask. Desiccate the particulate matter in the collection flask to a constant weight and record the results to the nearest 0.5 mg on the particulate matter analysis sheet (Figure E-4).

5.4.3.3 Glass fibre filter. Transfer the filter and any loose particulate matter from the sample container to a tared-glass weighing dish. Desiccate to a constant weight and record the results to the nearest 0.5 mg on the particulate matter analysis sheet.

5.4.3.4 Impingers. Evaporate the contents of the impingers and impinger washings to dryness at 212 °F. Desiccate to a constant weight and record the results to the nearest 0.5 mg on the particulate matter analysis sheet. Do not include the weight of this material in the calculation of the total weight of particulate matter unless so specified in the definition of particulate matter for the facility being tested. Weigh the spent silica gel taken from the fourth impinger to the nearest gram and record the result on the moisture data sheet (Figure E-3).

5.5 CALCULATIONS

5.5.1 Average Dry Gas Meter Temperature and Average Orifice Pressure Drop

Refer to data sheet (Figure E-2).

5.5.2 Dry Gas Volume

Correct the sample volume measured to reference conditions (77 °F and 29.92 in. Hg) by using Equation E-1:

$$[E-1] \quad (V_m)_{ref} = V_m \left(\frac{T_{ref}}{T_m} \right) \left(\frac{P_{bar} + \frac{\Delta H}{13.6}}{P_{ref}} \right)$$

$$(V_m)_{ref} = \left(17.95 \frac{^{\circ}R}{in. Hg} \right) \left(\frac{V_m}{T_m} \right) \left(P_{bar} + \frac{\Delta H}{13.6} \right)$$

where

- $(V_m)_{\text{ref}}$ - volume of gas through dry gas meter at reference conditions, ft^3
- V_m - volume of gas measured by dry gas meter at meter conditions, ft^3
- T_{ref} - absolute temperature at reference conditions, 537°R
- T_m - average dry gas meter temperature, $^\circ\text{R}$
- P_{bar} - barometric pressure, in. Hg
- ΔH - average pressure drop across orifice (see Figure E-2), in. H_2O
- 13.6 - conversion factor, in. $\text{H}_2\text{O}/\text{in. Hg}$
- P_{ref} - absolute pressure at reference conditions, 29.92 in. Hg

5.5.3 Volume of Water Vapor

Convert the volume of water condensed during the stack test to a volume of water vapor at reference conditions using Equation E-2:

$$[\text{E-2}] \quad (V_w)_{\text{ref}} = V_{1c} \left(\frac{\rho_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} \right) \left(\frac{RT_{\text{ref}}}{P_{\text{ref}}} \right) \frac{1}{453.59}$$

$$(V_w)_{\text{ref}} = (0.0480 \frac{\text{ft}^3}{\text{ml}}) V_{1c}$$

where

- $(V_w)_{\text{ref}}$ - volume of water vapor in gas sample at reference conditions, ft^3
- V_{1c} - total volume of liquid collected in impingers (see Figure E-2), ml
- $\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ - density of water, 1 g/ml
- $M_{\text{H}_2\text{O}}$ - molecular weight of water, 18 lb/lb-mole
- R - ideal gas constant, 21.83 in. Hg $\text{ft}^3/\text{lb-mole } ^\circ\text{R}$
- T_{ref} - absolute temperature at reference conditions, 537 $^\circ\text{R}$
- P_{ref} - absolute pressure at reference conditions, 29.92 in. Hg
- 453.59 - conversion factor, g/lb

5.5.4 Moisture Content

Calculate the moisture content of the stack gas using Equation E-3:

$$[E-3] \quad B_{wo} = \frac{(V_w)_{\text{ref}}}{(V_m)_{\text{ref}} + (V_w)_{\text{ref}}}$$

where

- B_{wo} - proportion by volume of water vapor in the gas stream

$(V_w)_{\text{ref}}$ - volume of water vapor in the gas sample at reference conditions (see Equation E-2), ft^3

$(V_m)_{\text{ref}}$ - volume of gas through dry gas meter at reference conditions, ft^3

5.5.5 Total Particulate Weight

Determine the total particulate catch from the sum of the weights on the analysis data sheet (Figure E-4).

5.5.6 Concentration of Particulate Matter

Determine the concentration of particulate matter in the stack gas using Equation E-4:

$$\left[\text{E-4} \right] \quad C_s = (2.205 \times 10^{-6}) \frac{M_p}{(V_m)_{\text{ref}}}$$

where

C_s - concentration of particulate matter in stack gas on a dry basis at reference conditions, lb/ft^3

M_p - total amount of particulate matter collected (see Figure E-4), mg

$(V_m)_{\text{ref}}$ - volume of gas sample through dry gas meter at reference conditions (see Equation E-1), ft^3

2.205×10^{-6} - conversion factor, lb/mg

5.5.7 Emission Rate

Calculate the emission rate of particulate matter using Equation E-5:

$$[E-5] \quad ER_p = (C_s) (Q_s)$$

where

- ER_p — emission rate of particulate matter from the stack on a dry basis at reference conditions, lb/h
- C_s — concentration of particulate matter in stack gas on a dry basis at reference conditions, lb/ft³
- Q_s — volumetric stack gas flow rate on a dry basis at reference conditions (see Equation B-2), ft³/h

5.5.8 Acceptable Results

The isokinetic variation (I), calculated for each sample point using Equation E-6, should fall within the range 90% ≤ I ≤ 110%.

$$[E-6] \quad \% I = \frac{\frac{V_m}{t} \left(\frac{1}{1-B_{wo}} \right) P_{bar} + \left(\frac{\Delta H}{13.6} \right) T_s}{0.3272 (N_d)^2 \left(\frac{T_{mi} + T_{mo}}{2} \right) P_s U_s} \times 100$$

where

- I — ratio of the sampling velocity through the nozzle to stack gas velocity
- V_m — volume of gas sampled through gas meter at meter conditions for each point sampled, ft³
- t — sampling time for each point sampled, min

- B_{wo} - proportion by volume of water vapor in the gas stream (see Equation E-3)
- P_s - absolute stack gas pressure, in. Hg
- T_s - absolute stack gas temperature for each point sampled, $^{\circ}R$
- T_{mi} - dry gas meter absolute, inlet temperature for each point sampled, $^{\circ}R$
- T_{mo} - dry gas meter absolute, outlet temperature for each point sampled, $^{\circ}R$
- P_{bar} - barometric pressure at the sampling site, in. Hg
- U_s - stack gas velocity at each point sampled (see Equation B-1), ft/s
- N_d - inside diameter of sampling nozzle, in.
- ΔH - pressure drop across orifice meter for each point sampled, in. H_2O
- 0.3272 - conversion factor, (s/min) ($ft^2/in.^2$)
- 13.6 - conversion factor, in. $H_2O/in.$ Hg

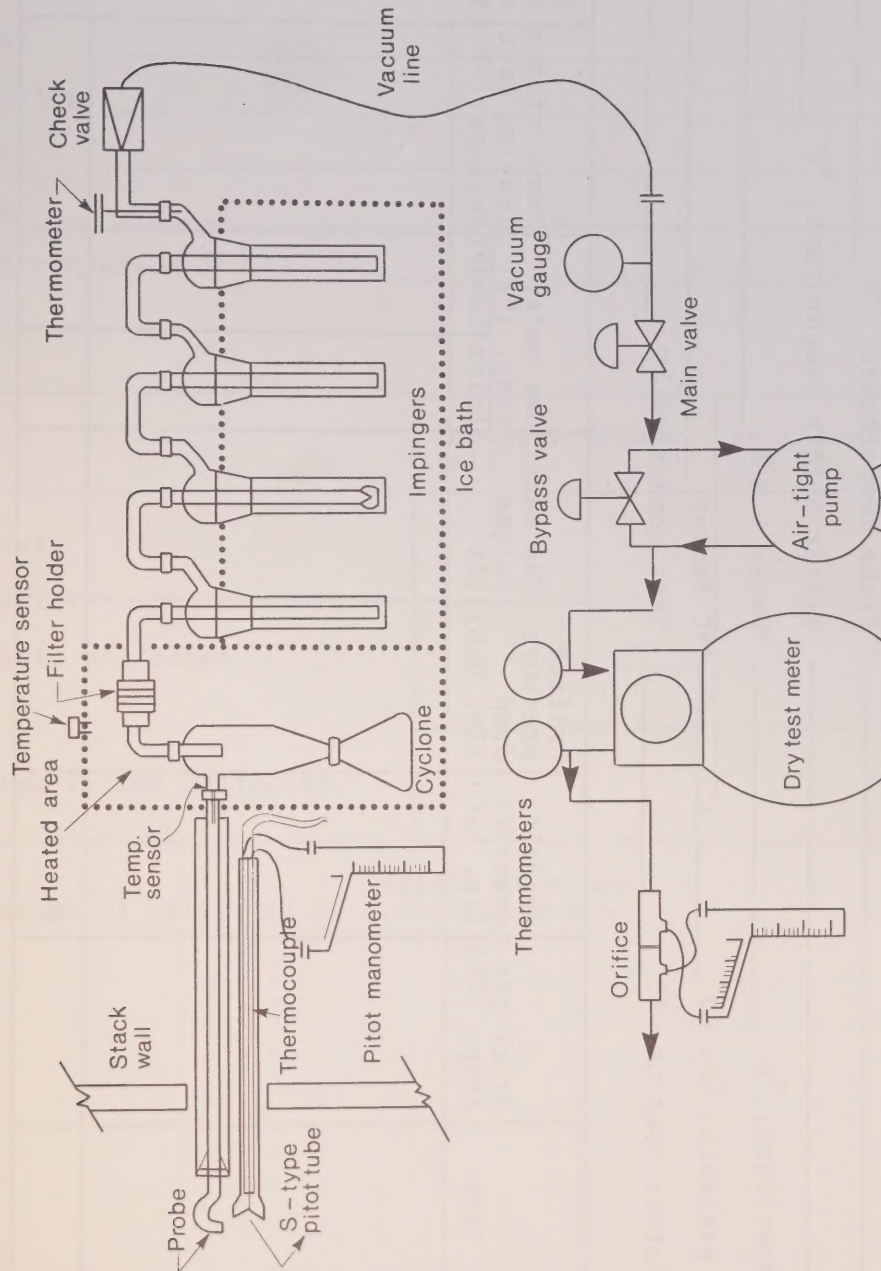


FIGURE E-1 PARTICULATE SAMPLING TRAIN

FIGURE E-2 PARTICULATE FIELD DATA SHEET

Plant _____ Nozzle diameter, in. _____

Location _____ Probe length, ft _____

Test _____ Probe temperature, °F _____

Date _____ Filter holder temperature, °F _____

Ambient temperature, °F _____ *Meter Δ H @ _____

Barometric pressure, in. Hg _____ **C factor _____

Assumed moisture content, % _____ Test conducted by _____

Traverse point	Time	Stack gas temp. (°F)	Velocity pressure (in. H ₂ O)	Orifice pressure drop (in. H ₂ O)	Gas meter volume (ft ³)	Gas meter temp. (°F)		Temp. of gas leaving last impinger (°F)	Pump intake vacuum (in. Hg)
						Inlet	Outlet		

*Δ H @ is the orifice meter parameter defined in section 6.2.4.2.

**C factor is determined from the nomograph.

FIGURE E-3 MOISTURE ANALYSIS DATA SHEET

Plant _____

Location _____

Test _____

Date _____

Test conducted by _____

	Impinger volume (ml)	Weight of silica gel (g)
Final		
Initial		
Liquid collected		
Total volume collected	V_{lc}	ml*

* Volume of water, ml = $\frac{\text{weight of water}}{1 \text{ g/ml}}$

FIGURE E-4 PARTICULATE MATTER ANALYTICAL DATA SHEET

Plant _____

Location _____

Test _____

Date _____

Test conducted by _____

	Final weight (mg)	Tare weight (mg)	Weight of particulate matter (mg)
Container 1: Beaker containing washings from nozzle- probe, cyclone, front half of filter holder			
Container 2: Beaker containing impinger contents and washings from all connectors and back half of filter holder			*
Cyclone collection flask			
Glass fibre filter			
Total weight of particulate matter M_p (mg)			

*Not to be included in determination of the total weight of particulate matter (M_p) unless specified by the test procedure that applies.

6 METHOD F: CALIBRATION PROCEDURE FOR S-TYPE PITOT
TUBE, DRY GAS METER, ORIFICE METER, AND ROTAMETER

6.1 S-TYPE PITOT TUBE

6.1.1 Principle

The S-type pitot tube and probe assembly are calibrated against a standard pitot tube with known coefficient. Calibration shall be conducted before and after each field use and the coefficients recorded.

6.1.2 Apparatus

6.1.2.1 Standard pitot tube. A standard pitot tube is used for calibrating the S-type pitot tube.

6.1.2.2 Differential pressure gauge. An inclined manometer or micromanometer is used to measure velocity pressure to within 0.005 in. H₂O.

6.1.2.3 Flowing gas stream. A flowing stream of gas within a wind tunnel or uniform straight duct is required.

6.1.3 Procedure

Place the S-type pitot tube and probe assembly in the air stream near the center of the duct at least eight duct diameters upstream and two downstream from any point of disturbance. Record the velocity pressure first with one leg of the pitot tube orientated downstream and then with the other. Remove the S-type pitot tube and place a standard pitot tube at the same point and record the velocity pressure. Continue this procedure varying the velocity of the air stream until the expected working range of the pitot tube has been covered.

More elaborate procedures which allow the simultaneous reading of the S-type and standard pitot tube velocity pressures may be used providing the minimum requirements specified previously are met.

6.1.4 Calculations

Calculate the pitot tube coefficient using Equation F-1. Compare the coefficients obtained with each orientation of the pitot tube. Use the pitot tube only if the coefficients differ by no more than 0.01, and if the average coefficient is within the range 0.85 ± 0.02 .

$$[F-1] \quad C_{p \text{ test}} = C_{p \text{ std}} \left(\frac{\Delta_p \text{ std}}{\Delta_p \text{ test}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

where

$C_{p \text{ test}}$ - coefficient of S-type pitot tube

$C_{p \text{ std}}$ - coefficient of standard pitot tube
(if unknown use 0.99)

$\Delta_p \text{ std}$ - velocity pressure measured by
standard pitot tube, in. H_2O

$\Delta_p \text{ test}$ - velocity pressure measured by
S-type pitot tube, in. H_2O

6.2 DRY GAS METER AND ORIFICE METER

6.2.1 Principle

The dry test and orifice meters of the particulate sampling train are calibrated using a wet test meter.

6.2.2 Apparatus

A wet test meter or equivalent capable of measuring 1 ft^3 per revolution with $\pm 1\%$ accuracy is required.

6.2.3 Procedure

Connect the components as shown in Figure F-1. Run the equipment with the orifice manometer set at 0.5 in. H_2O for at least 15 min to allow the pump to warm up and all interior surfaces of the wet test meter to become wetted. After the warm-up period, run tests and record the required parameters on the data sheet shown in Figure F-2.

6.2.4 Calculations

6.2.4.1 Ratio of wet to dry test meter volume. Calculate γ , the ratio of the wet test meter volume to dry test meter volume, using Equation F-2:

$$[F-2] \quad \gamma = \frac{V_w (P_b + \frac{\Delta m}{13.6}) (t_d + 460) (1 - B_{wo})}{V_d (P_b + \frac{\Delta H}{13.6}) (t_w + 460)}$$

If the average value of γ is not within 0.99 and 1.01 (1.0 desired), the dry test meter must be adjusted internally and the calibration procedure repeated.

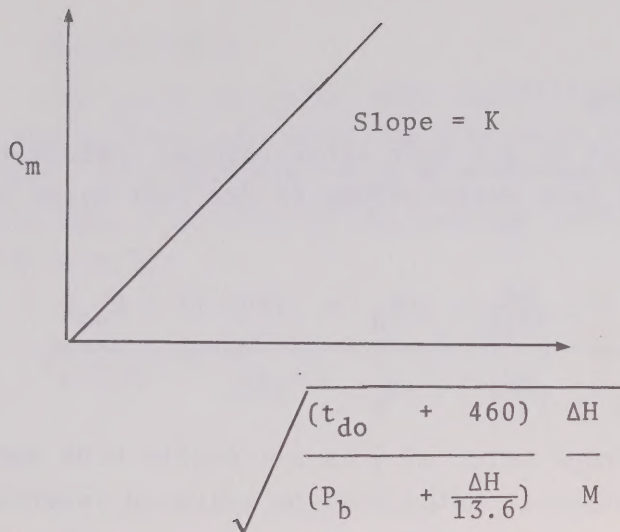
6.2.4.2 Orifice meter. Flow through an orifice meter may be determined using Equation F-3:

$$[F-3] \quad Q_m = K \sqrt{\frac{(t_{do} + 460) \Delta H}{(P_b + \frac{\Delta H}{13.6}) M}}$$

Note also that Q_m may be obtained from the flow rate through the wet test meter using Equation F-4:

$$[F-4] \quad Q_m = \frac{V_w}{\Theta} (1 - B_{wo}) \frac{(t_{do} + 460)}{(t_w + 460)} \frac{(P_b + \frac{\Delta m}{13.6})}{(P_b + \frac{\Delta H}{13.6})}$$

The proportionality constant K in Equation F-3 is specific for the orifice meter being calibrated and is determined by varying the flow rate over the working range of the orifice meter and plotting the results in a manner similar to Scheme F-1. Use Equation F-4 to determine Q_m .



SCHEME F-1 ORIFICE CALIBRATION

Most commercially available stack sampling trains utilize a nomograph to assist in adjusting the sampling rate. One of the requirements for the operation of this nomograph is to establish a value for the parameter $\Delta H@$. $\Delta H@$ is defined as the pressure drop across the orifice to give a flow rate of 0.75 ft³/min at 70 °F, 29.92 in. Hg, and a molecular weight of dry air of 28.95 lb/lb-mole. Equation F-3 may be rearranged and solved for $\Delta H@$ using the above conditions to yield Equation F-5. By substituting the constant K as determined previously, the parameter $\Delta H@$, specific for the orifice meter being calibrated, is determined.

$$[F-5] \quad \Delta H@ = \frac{0.919}{K^2}$$

where

- γ — ratio of wet test meter volume to dry test meter volume
- Q_m — flow rate through orifice meter, ft³/min
- $\Delta H@$ — pressure drop across the orifice meter required to give flow rate of 0.75 ft³/min at 70 °F and 29.92 in. Hg, in. H₂O

- t_d - average dry test meter temperature, $^{\circ}\text{F}$
 t_{di} - dry test meter inlet temperature, $^{\circ}\text{F}$
 t_{do} - dry test meter outlet temperature, $^{\circ}\text{F}$
 Δm - wet test meter manometer reading, in. H_2O
 M - molecular weight of dry air, 28.95 lb/lb-mole
 K - proportionality constant,

$$\frac{\text{ft}^3}{\text{min}} \left(\frac{\text{in. Hg}}{^{\circ}\text{R in. H}_2\text{O}} \frac{\text{lb}}{\text{lb-mole}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

 V_w - wet test meter volume, ft^3
 V_d - dry test meter volume, ft^3
 P_b - absolute barometric pressure, in. Hg
 ΔH - pressure drop across the orifice meter,
in. H_2O
13.6 - conversion factor, in. H_2O /in. Hg
 t_w - wet test meter temperature, $^{\circ}\text{F}$
460 - conversion factor, $^{\circ}\text{F}$ to $^{\circ}\text{R}$
 θ - time, min
0.0919 - constant, $(\text{ft}^6/\text{min}^2) (\text{in. Hg}/^{\circ}\text{R}) (\text{lb}/\text{lb-mole})$
 B_{wo} - proportion by volume of water vapor passing
through the wet test meter calculated from
partial pressure data published in chemistry,
physics, and engineering handbooks
NOTE - average dry test meter temperature is
calculated from the equation

$$t_d = \frac{t_{di} + t_{do}}{2}$$

6.3 ROTAMETER

6.3.1 Principle

The rotameter may be calibrated using any primary flow measuring device such as a volumetric gasometer or bubble tower. However, in lieu of such a device, the following procedure using a previously calibrated wet test meter may be used. The apparatus is arranged as shown in Figure F-3.

6.3.2 Apparatus

6.3.2.1 Wet test meter. A wet test meter with water manometer on the inlet is needed.

6.3.2.2 Miscellaneous. Barometer, thermometer, stopwatch, air supply, and flow control valve are required.

6.3.3 Procedure

Connect the apparatus as shown in Figure F-3. Appreciable pressure drop can be avoided by making the connections as short as possible and keeping the inside diameter of all tubing as large as possible. Adjust the flow through the rotameter to the desired rate, and record the time and wet test meter total volume for evenly spaced points on the rotameter scale going from low values to high. Repeat the test going from high to low. Note wet test meter manometer reading, water temperature, and other required data for each rotameter setting according to Figure F-4.

6.3.4 Calculations

6.3.4.1 Rotameter flow rates. Calculate the indicated flow rates for each rotameter reading by dividing the wet test meter volume change by the elapsed time. Convert the indicated flow rates to reference conditions, 77 °F and 29.92 in. Hg, using Equation F-6:

$$[F-6] \quad Q_{\text{ref}} = Q(P_w - P_v) \frac{t_a + 460}{P_w(t_w + 460)} \left(\frac{t_a + 460}{T_{\text{ref}}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

where

- Q_{ref} - rotameter flow rate at reference conditions, ft³/min
- Q - flow rate indicated by wet test meter, ft³/min
- T_{ref} - reference temperature, 537 °R
- t_w - wet test meter temperature (water temperature of wet test meter), °F
- t_a - room temperature, °F
- P_w - gas pressure during calibration at the wet test meter inlet, in. Hg
- P_v - partial pressure of water vapor in air at wet test meter temperature, in. Hg
- P_b - barometric pressure, in. Hg
- 13.6 - conversion factor, in. H₂O/in. Hg
- Δm - wet test meter manometer reading, in. H₂O
- NOTE - $P_w = P_b + \frac{\Delta m}{13.6}$

6.3.4.2 Calibration curves. Prepare the calibration curve using all points and label "at 77 °F and 29.92 in. Hg". Subsequent use of the rotameter involves taking the indicated flow off the curve and correcting it to reference conditions using Equation F-7:

$$[F-7] \quad Q_{\text{ref}} = \frac{Q_i(T_{\text{ref}})}{t_a + 460} \frac{P_r}{P_{\text{ref}}} \left(\frac{T_{\text{ref}}}{t_a + 460} \right)^{\frac{1}{2}}$$

where

Q_i - indicated flow rate from calibration curve, ft^3/min

P_r - rotameter pressure, in. Hg

P_{ref} - reference pressure, 29.92 in. Hg

NOTE - In most instances, P_r may be assumed to be barometric pressure, P_b in. Hg

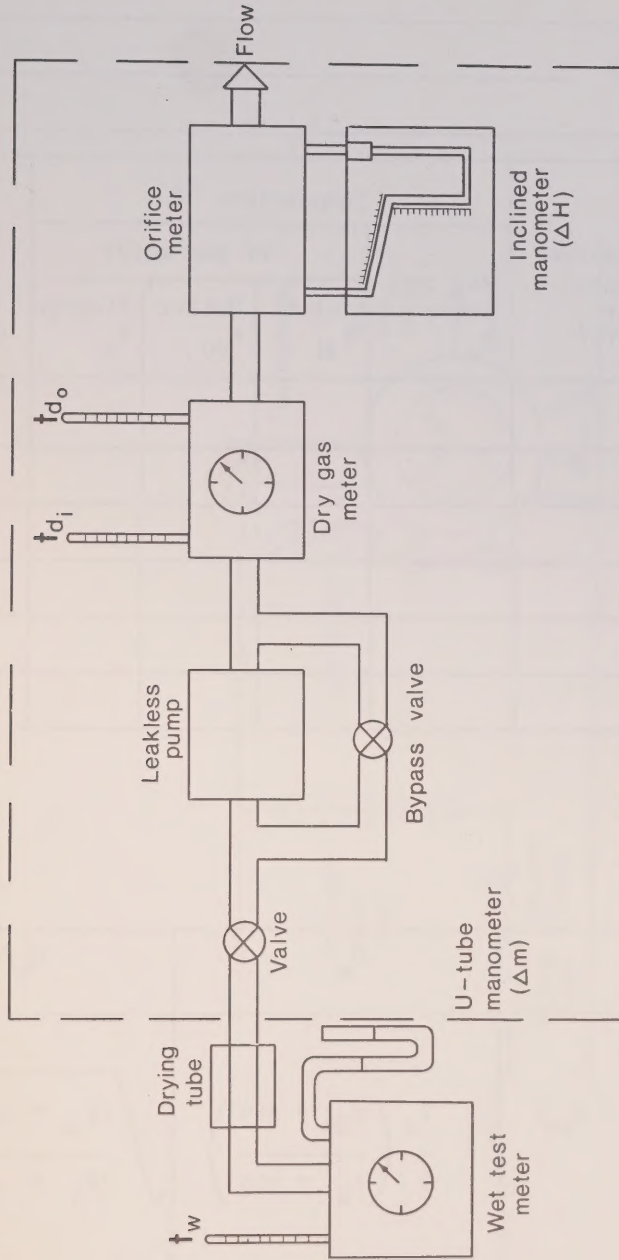


FIGURE F-1 ASSEMBLY FOR CALIBRATION OF DRY GAS METER AND ORIFICE METER

FIGURE F-2 DRY GAS METER AND ORIFICE METER CALIBRATION AND CALCULATION DATA SHEET

Date _____

Barometric pressure, P_b , in. Hg _____

Dry gas meter No. _____

Orifice manometer setting ΔH , in. H ₂ O	Gas volume wet test meter V_w , ft ³	Gas volume dry gas meter V_d , ft ³	Temperature °F				Time Θ , min	Wet test meter manometer reading Δm , in. H ₂ O	
			Wet test meter t_w	Dry gas meter					
				Inlet t_{di}	Outlet t_{do}	Average t_d			
0.5	5								
1.0	5								
2.0	10								
4.0	10								
6.0	10								
8.0	10								

Calculations

γ	Q_m	Q_m/K	K
$\frac{V_w (P_b + \frac{\Delta m}{13.6})}{V_d (P_b + \frac{\Delta H}{13.6})} \frac{(t_d + 460) (1 - B_{wo})}{(t_w + 460)}$	$\gamma \frac{V_d}{\Theta} \left(\frac{t_{do} + 460}{t_d + 460} \right)$	$\sqrt{\frac{(t_{do} + 460) \Delta H}{(P_b + \frac{\Delta H}{13.6}) 28.95}}$	

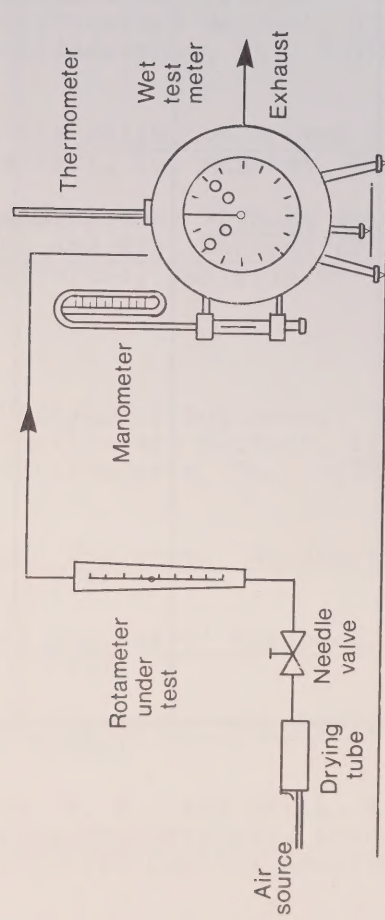


FIGURE F-3 CALIBRATION ASSEMBLY USING WET TEST METER

BIBLIOGRAPHY

METHOD A

American Society of Mechanical Engineers, Determining Dust Concentration in a Gas Stream, ASME Performance Test Code #27, New York, N.Y. (1957).

American Society of Mechanical Engineers, "Standard Method for Sampling Stacks for Particulate Matter", 1971 Book of ASTM Standards, Part 23, Philadelphia, Pa., ASTM Designation D-2928-71 (1971).

Devorkin, H., et al., Air Pollution Source Testing Manual, Air Pollution Control District, Los Angeles, Calif. (Nov. 1963).

Western Precipitation Division, Methods for Determination of Velocity, Volume, Dust and Mist Content of Gases, Joy Manufacturing Co., Los Angeles, California, Bulletin WP-50 (1968).

METHOD B

American Society of Mechanical Engineers, "Standard Method for Sampling Stacks for Particulate Matter", 1971 Book of ASTM Standards, Part 23, Philadelphia, Pa., ASTM designation D-2928-71 (1971).

Mark, L. S., Mechanical Engineers' Handbook, McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, N. Y. (1951).

Perry, J. H., Chemical Engineers' Handbook, McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, N. Y. (1951).

Perry, J. H., Chemical Engineers' Handbook, McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, N. Y. (1960).

Shigehara, R. T., Todd, W. F., and Smith, W. S., Significance of Errors in Stack Sampling Measurements, presented at the Annual Meeting of the Air Pollution Control Association, St. Louis, Mo. (June 14-19, 1970).

Vennard, J. K., Elementary Fluid Mechanics, John Wiley & Sons, Inc., New York, N. Y. (1947).

METHOD C

Altshuller, A. P., et al., "Storage of Gases and Vapors in Plastic Bags", Int. J. Air Water Pollut., 6, 75-81 (1963).

Conner, W. D., and Nader, J. S., "Air Sampling with Plastic Bags", J. Am. Ind. Hyg. Assoc., 25, 291 - 297 (May-June, 1964).

Devorkin, H., et al., Air Pollution Source Testing Manual, Air Pollution Control District, Los Angeles, Calif. (Nov. 1963).

Rogers, G. F. C., and Mayhew, Y. R., Engineering Thermodynamics Work and Heat Transfer, Longmans, Green and Co. Ltd., London (1967).

METHOD D

Danielson, J. A., (ed.), Air Pollution Engineering Manual, Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service, National Center for Air Pollution Control, Cincinnati, Ohio, PHS Publication No. 999-AP-40 (1967).

Devorkin, H., et al., Air Pollution Source Testing Manual, Air Pollution Control District, Los Angeles, Calif. (Nov. 1963).

Western Precipitation Division, Methods for Determination of Velocity, Dust and Mist Content of Gases, Joy Manufacturing Co., Los Angeles, California, Bulletin WP-50 (1968).

METHOD E

Martin, R. M., Construction Details of Isokinetic Source Sampling Equipment, U.S. Environmental Protection Agency, APTD-0531.

Rom, J. J., Maintenance, Calibration, and Operation of Isokinetic Source Sampling Equipment, U.S. Environmental Protection Agency, APTD-0576.

Smith, W. S., Shigehara, R. T., and Todd, W. F., A Method of Interpreting Stack Sampling Data, Paper presented at the 63rd Annual Meeting of the Air Pollution Control Association, St. Louis, Mo. (June 14-19, 1970).

Smith, W. S., et al., Stack Gas Sampling Improved and Simplified with New Equipment, APCA paper No. 67-119 (1967).

U.S. Public Health Service, Addendum to Specifications for Incinerator Testing at Federal Facilities, NCAPC (Dec. 6, 1967).

U.S. Public Health Service, Specifications for Incinerator Testing at Federal Facilities, NCAPC (1967).

METHOD F

Rom, J. J., Maintenance, Calibration, and Operation of Isokinetic Source-Sampling Equipment, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Programs, Research Triangle Park North Carolina, Publication No. APTD-0576 (Mar. 1972).

Brenchley, D. L., Turley, C. D., and Garmac, R. F., Industrial Source Sampling, Ann Arbor Science Publishers, Inc., Ann Arbor, Michigan (1973).

Annual Book of ASTM Standards, Part 23 (1973).

GENERAL

Air Management Branch, Source Testing Code, Province of Ontario, Ministry of the Environment (Jan. 1973).

U.S. Environmental Protection Agency, "Standards of Performance for New Stationary Sources", Federal Register, Part II, Vol. 36, No. 247, pp. 24876-24890 (Dec. 23, 1971).

SÉRIE DE RAPPORTS DU SERVICE DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Les rapports concernant les règlements, les codes et les accords décrivent les lignes de conduite législatives et administratives actuelles, appuyées par le Service de la protection de l'environnement.

Le Service compte d'autres séries de rapports: politiques et planification; révision économique et technique; développement technologique; surveillance; exposés et mémoires découlant d'enquêtes publiques; évaluations et effets environnementaux.

Prière d'envoyer toute demande de renseignements ayant trait aux rapports du Service à l'adresse suivante: Service de la protection de l'environnement, Ministère de l'Environnement, Ottawa (Ontario), Canada, K1A 0H3.

MÉTHODES DE RÉFÉRENCE NORMALISÉES EN VUE D'ESSAIS AUX SOURCES:
MESURE DES ÉMISSIONS DE PARTICULES PROVENANT DE SOURCES FIXES

Direction générale de la lutte contre la pollution atmosphérique
Service de la protection de l'Environnement

Rapport EPS 1-AP-74-1
février 1974

PRÉFACE

On utilise les six méthodes d'essai (A à F) exposées dans le présent rapport en combinaisons différentes en vue de mesurer les émissions de particules provenant de sources fixes. On déterminera la combinaison de méthodes d'essai à suivre pour une source donnée en même temps que les directives et les règlements qui s'appliquent à cette source. Ces méthodes pourront aussi servir indépendamment les unes des autres, à la détermination de certaines caractéristiques des flux gazeux, notamment de la vitesse du gaz et de son débit, de sa teneur en humidité ou de sa densité.

6	MÉTHODE F: MODE D'ÉTALONNAGE DU TUBE DE PITOT TYPE S, DU COMPTEUR DE GAZ TYPE SEC, DU DÉBITMÈTRE À DIAPHRAGME ET DU ROTAMÈTRE	45
6.1	Tube de pitot type S	45
6.2	Compteur de gaz type sec et débitmètre à diaphragme	46
6.3	Rotamètre	50
	BIBLIOGRAPHIE	59

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU		PAGE
A-1	NOMBRE MINIMAL DE POINTS DE MESURE REQUIS POUR LES SITES D'ÉCHANTILLONNAGE QUI RÉPONDENT AUX CRITÈRES DÉTERMINÉS	2
A-2	EMPLACEMENT DES POINTS DE MESURE SUR LES DIAMÈTRES DES SECTIONS TRANSVERSALES DES CHEMINÉES À SECTION CIRCULAIRE	5

LISTE DES FIGURES

FIGURE		PAGE
A-1	MULTIPLES DES POINTS DE MESURE SERVANT À DÉTERMINER LE NOMBRE MINIMAL DE POINTS DE MESURE REQUIS QUAND $A < 2$ OU $B < 8$	3
A-2	EMPLACEMENT DES POINTS DE MESURE SUR LES SECTIONS TRANSVERSALES CIRCULAIRES ET RECTANGULAIRES DE CHEMINÉES, DIVISÉES EN 12 SURFACES ÉGALES	4
B-1	ASSEMBLAGE DU TUBE DE PITOT TYPE S ET DU MANOMÈTRE	11
B-2	FEUILLE DE DONNÉES SUR LES VITESSES AUX POINTS DE MESURE	12
C-1	DISPOSITIF D'ÉCHANTILLONNAGE AU HASARD	17
C-2	DISPOSITIF D'ÉCHANTILLONNAGE INTÉGRÉ	17
D-1	DISPOSITIF POUR L'ÉCHANTILLONNAGE DE L'HUMIDITÉ	24
D-2	FEUILLE DE DONNÉES SUR L'HUMIDITÉ	25
E-1	DISPOSITIF D'ÉCHANTILLONNAGE DES PARTICULES	41
E-2	FEUILLE DE DONNÉES SUR L'ÉCHANTILLONNAGE DES PARTICULES	42
E-3	FEUILLE DE DONNÉES SUR LA TENEUR EN HUMIDITÉ	43
E-4	FEUILLE DES RÉSULTATS DE L'ANALYSE DES PARTICULES	44
F-1	DISPOSITIF UTILISÉ POUR L'ÉTALONNAGE DU COMPTEUR DE GAZ TYPE SEC ET DU DÉBITMÈTRE À DIAPHRAGME	54
F-2	FEUILLE DE DONNÉES SUR L'ÉTALONNAGE DU COMPTEUR DE GAZ TYPE SEC ET DU DÉBITMÈTRE À DIAPHRAGME	55
F-3	MONTAGE SERVANT À L'ÉTALONNAGE À L'AIDE D'UN COMPTEUR TYPE HUMIDE	56
F-4	FEUILLE DE DONNÉES SUR L'ÉTALONNAGE DU ROTAMÈTRE	57
SCHÉMA		
F-1	ÉTALONNAGE DU DÉBITMÈTRE À DIAPHRAGME	48

1 MÉTHODE A: DÉTERMINATION DU SITE ET DES POINTS DE MESURE

1.1 PRINCIPE

On choisit le site et le nombre de points de mesure en vue d'assurer l'obtention d'un échantillon représentatif.

1.2 MODE OPÉRATOIRE

1.2.1 Choix du site et du nombre minimal de points de mesure

1.2.1.1 Choisir, comme site d'échantillonnage, toute section transversale de la cheminée ou du conduit situé à au moins huit diamètres du conduit ou de la cheminée en aval et deux diamètres en amont de toute turbulence dans le flux gazeux, telle que coude, élargissement, étranglement, flamme visible ou embouchure de cheminée (voir médaillon, figure A-1). Pour les sections transversales rectangulaires, la dimension la plus longue tiendra lieu de diamètre de la cheminée.

1.2.1.2 Si on peut répondre aux conditions susmentionnées quant au site de prélèvement, déterminer le nombre minimal de points de mesure nécessaires, selon le tableau A-1. Le nombre minimal de ces points est directement proportionnel au diamètre de la cheminée ou du conduit.

1.2.1.3 Si le site de prélèvement décrit en 1.2.1.1 est inaccessible, choisir un site de prélèvement convenable et utiliser le tableau A-1 et la figure A-1 pour déterminer le nombre minimal requis de points de mesure. Mesurer d'abord la distance entre cet endroit et la turbulence la plus rapprochée, en amont et en aval. Ensuite, en se basant sur la figure A-1, déterminer les multiples des points d'échantillonnage correspondant à la fois aux deux distances mesurées et choisir le plus élevé. Le multiplier par le nombre trouvé à partir du tableau A-1. Le produit ainsi trouvé

représente le nombre minimal de points de mesure nécessaires. On doit ajouter à ce nombre un chiffre tel que, pour les cheminées à section circulaire, il devienne un multiple de 4 et que, pour les cheminées à section rectangulaire, il obéisse aux conditions exposées en 1.2.2.2.

1.2.2 Diagramme transversal et localisation des points de mesure

1.2.2.1 En ce qui concerne les cheminées à section circulaire, diviser la section en parties égales en traçant deux diamètres perpendiculaires l'un à l'autre. À l'aide de la figure A-2 et du tableau A-2, disposer symétriquement la moitié des points de mesure sur chaque diamètre.

1.2.2.2 En ce qui concerne les cheminées à section rectangulaire, diviser la section en autant de surfaces rectangulaires égales qu'il y a de points de mesure, de telle manière que le rapport longueur-largeur des surfaces soit compris entre 1 et 2. À partir de la figure A-2, disposer les points de mesure au centre de chacune de ces surfaces.

1.2.2.3 En aucun cas, on ne devrait placer un point de mesure à moins de 1 po de la paroi de la cheminée.

TABLEAU A-1 NOMBRE MINIMAL DE POINTS DE MESURE REQUIS
POUR LES SITES D'ÉCHANTILLONNAGE, QUI
RÉPONDENT CRITÈRES DÉTERMINÉS*

Diamètre intérieur du conduit ou de la cheminée, en pi	Nombre de points
d.i. $\leq$ 1	4
1 < d.i. $\leq$ 2	8
2 < d.i. $\leq$ 4	12
4 < d.i. $\leq$ 8	20
8 < d.i. $\leq$ 16	32
16 < d.i.	Consulter Environnement Canada avant de procéder aux essais

*On devra se servir de ce tableau en suivant les explications données en 1.2.1.

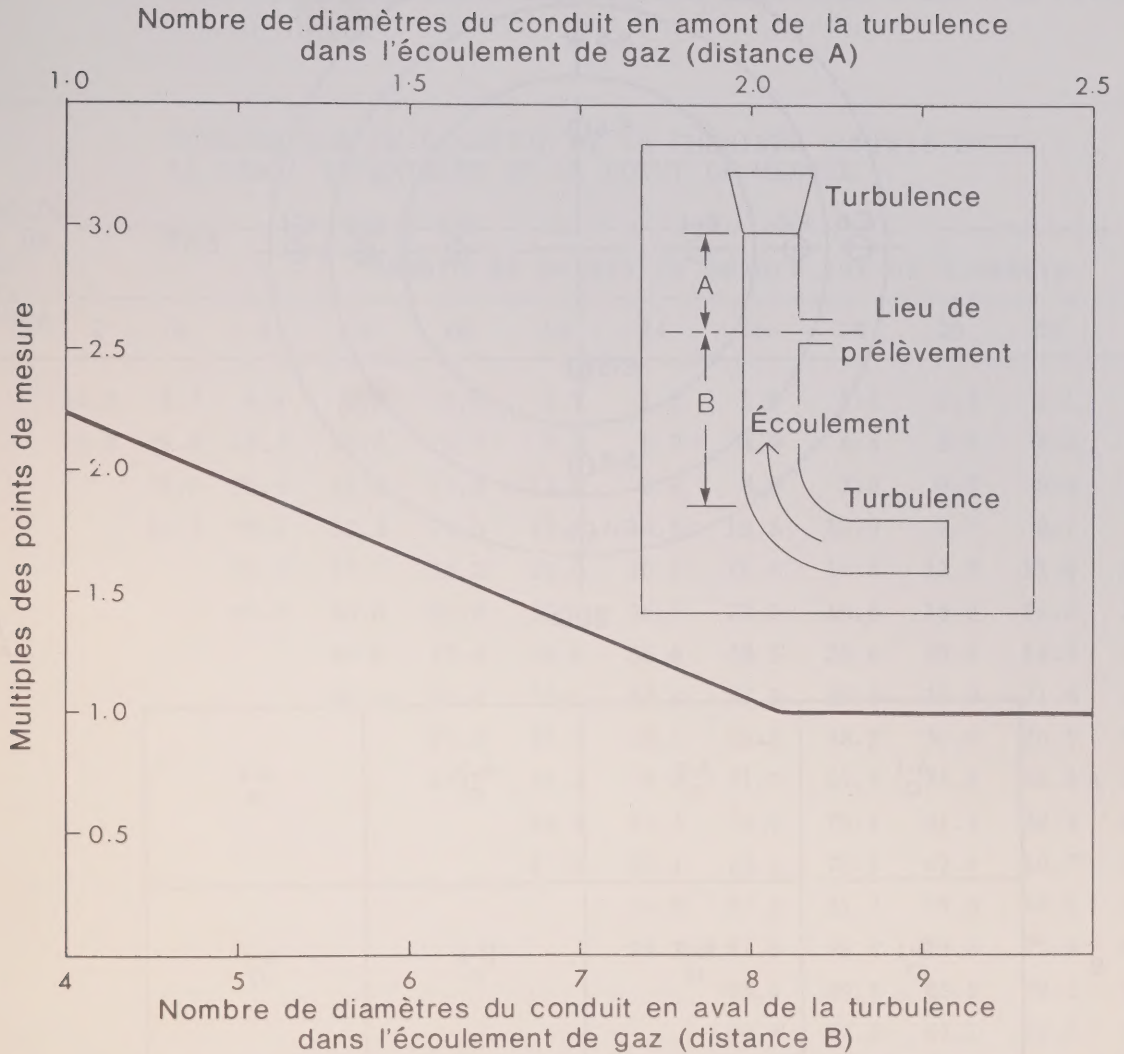
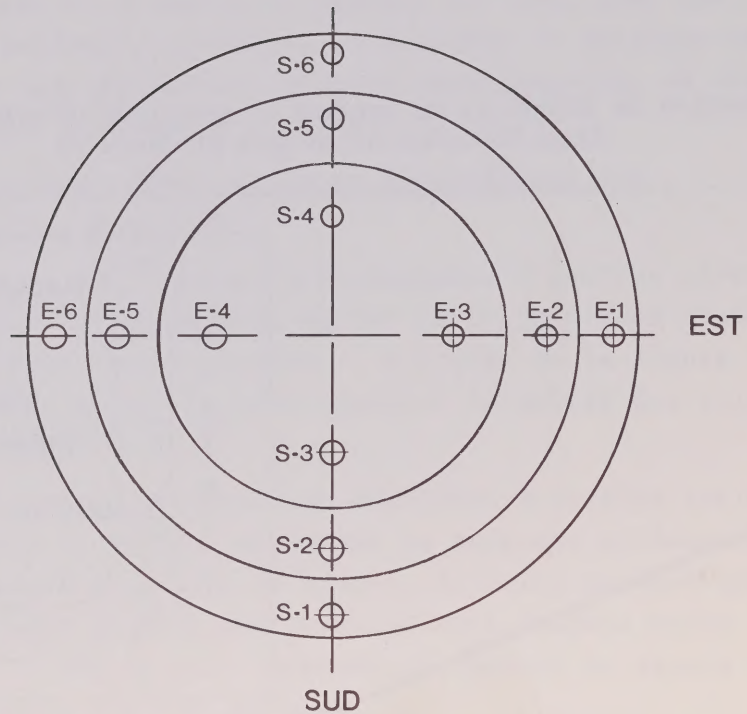


FIGURE A-1 MULTIPLES DES POINTS DE MESURE SERVANT À DÉTERMINER LE NOMBRE MINIMAL DE POINTS DE MESURE REQUIS QUAND $A < 2$ OU $B < 8$

Quand $A < 1$ ou $B < 4$, consulter Environnement Canada avant de procéder aux essais



A	A-1 ○	A-2 ○	A-3 ○	A-4 ○
B	B-1 ○	B-2 ○	B-3 ○	B-4 ○
C	C-1 ○	C-2 ○	C-3 ○	C-4 ○

FIGURE A-2 EMLACEMENT DES POINTS DE MESURE SUR LES SECTIONS TRANSVERSALES CIRCULAIRES ET RECTANGULAIRES DE CHEMINÉES, DIVISÉES EN 12 SURFACES ÉGALES

TABLEAU A-2 EMLACEMENT DES POINTS DE MESURE SUR LES DIAMÈTRES
DES SECTIONS TRANSVERSALES DES CHEMINÉES À SECTION CIRCULAIRE

[illegible]

2 MÉTHODE B: DÉTERMINATION DE LA VITESSE ET DU DÉBIT VOLUMÉTRIQUE DES GAZ DE LA CHEMINÉE

2.1 PRINCIPE

2.1.1 On détermine la vitesse des gaz de la cheminée à partir de leur densité et de mesures de la pression due à leur vitesse à l'aide d'un tube de pitot type S (Stauscheibe ou inversé). On peut utiliser un tube de pitot normal dans les flux de gaz propres où les ouvertures du tube ne risquent pas de s'obstruer.

2.1.2 On détermine le débit volumétrique à partir des mesures effectuées sur la vitesse, la température, la pression absolue, la teneur en humidité des gaz de la cheminée, le diamètre de la cheminée et la composition des gaz secs.

2.2 APPAREILLAGE

2.2.1 Tube de pitot type S (figure B-1)

On utilise le tube de pitot type S pour mesurer la pression statique et la vitesse du gaz de la cheminée. Le coefficient du tube de pitot doit se situer à ± 5 p. 100 de son domaine d'application.

2.2.2 Tube de pitot normal

Il faut un tube de pitot normal pour étalonner le tube de pitot type S et aussi pour mesurer la pression due à la vitesse dans les flux de gaz propres.

2.2.3 Manomètre différentiel

On devra utiliser un manomètre à tube incliné ou l'équivalent, pouvant mesurer la pression due à la vitesse, jusqu'à 0.005 po de H_2O .

2.2.4 Indicateur de température

Il faut un thermocouple ou l'équivalent pouvant mesurer la température à l'intérieur de la cheminée jusqu'à

1.5 p. 100 de la température minimale absolue de la cheminée. Si on travaille à des températures dépassant 700 °F, on devra fournir au thermocouple l'aspiration et la protection nécessaires. On choisira le type de thermocouple à utiliser selon la température et la corrosivité des gaz de la cheminée. On fixe le thermocouple au tube de pitot (voir figure B-1).

2.2.5 Baromètre

Il faut un baromètre pouvant mesurer la pression atmosphérique jusqu'à 0.1 po de Hg.

2.2.6 Analyseur de gaz

Pour déterminer la composition du gaz de la cheminée, il faut un analyseur pouvant mesurer le poids moléculaire jusqu'à ± 0.5 p. 100.

2.3 MODE OPÉRATOIRE

2.3.1 Monter l'appareillage d'après la figure B-1 en utilisant un tube de pitot type S qu'on a déjà étalonné selon la méthode F. S'assurer que tous les joints sont bien serrés et étanches. Mesurer en même temps la pression due à la vitesse ainsi que la température aux points de mesure choisis selon la méthode A. Inscrive ces mesures sur la feuille de données sur les vitesses aux points de mesure (figure B-2).

2.3.2 Mesurer la pression statique dans la cheminée en déconnectant un des embranchements du tube de pitot reliés au manomètre, et faire pivoter l'ensemble jusqu'à ce que les ouvertures du tube de pitot soient perpendiculaires à la direction de l'écoulement du gaz. Inscrive la lecture du manomètre sur la feuille de données sur la vitesse aux points de mesure (figure B-2).

2.3.3 Trouver le poids moléculaire du gaz de la cheminée par analyse de ce gaz et par des calculs appropriés en suivant la méthode C.

2.4 CALCULS

2.4.1 Vitesse moyenne du gaz de la cheminée

Utiliser l'équation B-1 pour le calcul de la vitesse moyenne du gaz de la cheminée à chacun des points de mesure.

$$[B-1] \quad U_s = K_p C_p (\Delta p)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{T_s}{P_s M_s} \right)^{\frac{1}{2}}$$

où

U_s — la vitesse du gaz de la cheminée, pi/s

K_p — la constante, 85.33 (pi/s) $\left(\frac{1 \text{ lb-po de Hg}}{1 \text{ lb-mole } ^\circ\text{R po de H}_2\text{O}} \right)^{\frac{1}{2}}$

C_p — le coefficient du tube de pitot type S

T_s — la température absolue du gaz de la cheminée, $^\circ\text{R}$

(Δp) — la pression due à la vitesse du gaz de la cheminée, po de H_2O

P_s — la pression absolue du gaz de la cheminée, po de Hg

M_s — le poids moléculaire humide du gaz de la cheminée (voir équation C-3), lb/lb-mole

2.4.2 Débit volumétrique du gaz de la cheminée

Utiliser l'équation B-2 pour calculer le débit volumétrique du gaz de la cheminée:

$$[B-2] \quad Q_s = 3600 (U_s)_{\text{avg}} A_s (1 - B_{wo}) \left(\frac{T_{\text{ref}}}{(T_s)_{\text{avg}}} \right) \left(\frac{P_s}{P_{\text{ref}}} \right)$$

où

- Q_s — le débit volumétrique du gaz de la cheminée à l'état sec et aux conditions de référence, pi^3/h
- $(U_s)_{\text{avg}}$ — la vitesse moyenne du gaz de la cheminée, pi/s
- A_s — la surface de la section du conduit ou de la cheminée, pi^2
- B_{wo} — la fraction volumétrique de vapeur d'eau dans le gaz de la cheminée
- T_{ref} — la température absolue aux conditions de référence, 537°R
- $(T_s)_{\text{avg}}$ — la température absolue moyenne du gaz de la cheminée, $^\circ\text{R}$
- P_s — la pression absolue du gaz de la cheminée, po de Hg
- P_{ref} — la pression absolue aux conditions de référence, 29.92 po de Hg
- 3600 — un facteur de conversion, s/h
- NOTE — On calcule $(U_s)_{\text{avg}}$ en faisant la moyenne des vitesses du gaz de la cheminée mesurées à chacun des points de mesure.

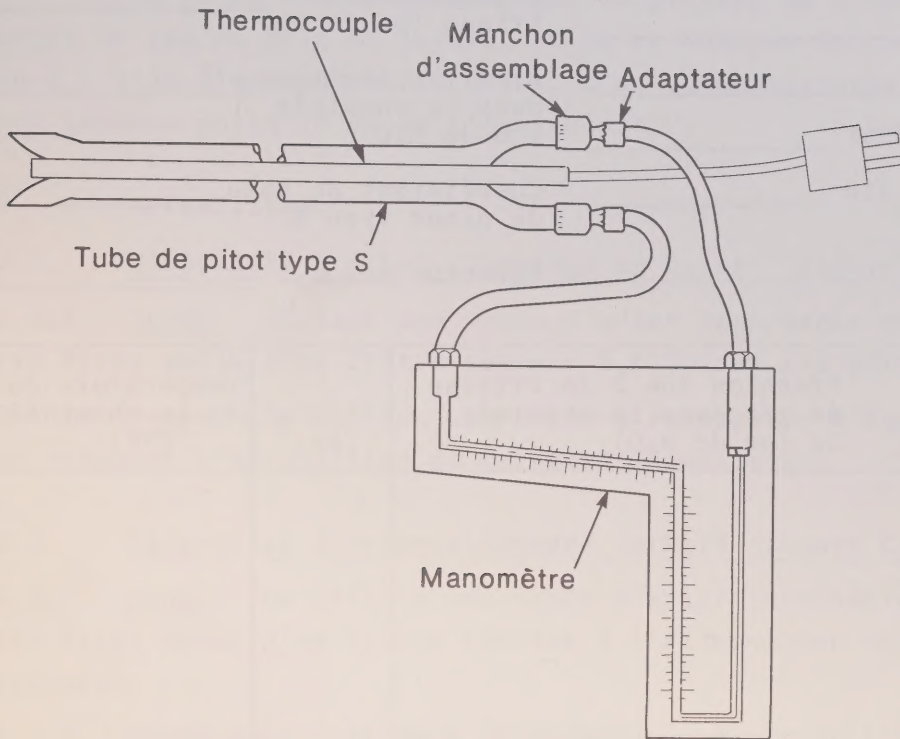


FIGURE B-1 ASSEMBLAGE DU TUBE DE PITOT TYPE S ET DU MANOMÈTRE

FIGURE B-2 FEUILLE DE DONNÉES SUR LES VITESSES
AUX POINTS DE MESURE

Usine _____	Diamètre de la cheminée (po) _____
Endroit _____	Pression baromé- trique (po de Hg) _____
Test _____	
Date _____	Pression statique dans la cheminée _____
Heure au début _____	(po de H ₂ O) _____
Heure à la fin _____	Coefficient du tube de pitot type S _____
	Effectué par _____

Point de mesure	Pression due à la vitesse du gaz dans la cheminée Δp (po de H_2O)	$(\Delta p)^{\frac{1}{2}}$	Température du gaz de la cheminée (°F)
Moyenne			

3 MÉTHODE C: DÉTERMINATION DU POIDS MOLÉCULAIRE PAR ANALYSE DU GAZ

3.1 PRINCIPE

Au point d'échantillonnage, on prélève un échantillon intégré de gaz ou pris au hasard, et on en analyse la composition à l'aide d'un appareil d'Orsat, d'un chromatographe en phase gazeuse portatif ou de l'équivalent.

3.2 APPAREILLAGE

3.2.1 Dispositif d'échantillonnage au hasard (figure C-1)

3.2.1.1 Sonde. Il faut une sonde d'acier inoxydable ou de verre Pyrex munie d'un filtre servant à éliminer les particules.

3.2.1.2 Pompe. On utilise une poire à soupape ou l'équivalent pour refouler l'échantillon de gaz vers l'analyseur.

3.2.2 Dispositif d'échantillonnage intégré (figure C-2)

3.2.2.1 Sonde. On utilise une sonde d'acier inoxydable ou de verre Pyrex munie d'un filtre servant à l'élimination des particules.

3.2.2.2 Condenseur. Il faut un condenseur à air ou l'équivalent pour enlever toute humidité en excès.

3.2.2.3 Valve à pointeau. On a besoin d'une valve pour régulariser le débit.

3.2.2.4 Pompe. On utilise une pompe étanche type pompe à diaphragme ou l'équivalent pour aspirer le gaz tout au long du circuit d'échantillonnage.

3.2.2.5 Débitmètre. Il faut un débitmètre pouvant mesurer un débit nul à un débit de $0.035 \text{ pi}^3/\text{min}$.

3.2.2.6 Tube de pitot type S. On fixe un tube de pitot type S ou l'équivalent à la sonde de telle manière que le débit d'échantillonnage puisse être réglé proportionnellement à la

vitesse du gaz dans la cheminée quand cette vitesse varie avec le temps ou qu'on effectue un prélèvement aux points de mesure.

3.2.2.7 Sac gonflable. Il faut un sac gonflable en matériel chimiquement neutre comme en Tedlar ou l'équivalent et d'une capacité de 2 à 3 pi³.

3.2.3 Analyse

Il est nécessaire d'avoir un appareil d'Orsat, un chromatographe en phase gazeuse ou l'équivalent.

3.3 MODE OPÉRATOIRE

3.3.1 Échantillonnage au hasard

3.3.1.1 Monter l'appareillage d'après la figure C-1, en veillant à ce que tous les joints soient bien étanches. Placer la sonde dans la cheminée à un point d'échantillonnage et nettoyer le montage de l'air qu'il contient.

3.3.1.2 Refouler un échantillon vers l'analyseur.

3.3.2 Échantillonnage intégré

3.3.2.1 Vider le sac gonflable de son air. Assembler le montage en suivant la figure C-2 sans y fixer le sac. Placer la sonde dans la cheminée et nettoyer les conduits de l'échantillonneur. Fixer le sac en s'assurant que tous les joints sont serrés et étanches.

3.3.2.2 Échantillonner à un débit proportionnel à la vitesse du gaz dans la cheminée. On définit un échantillonnage proportionnel comme celui qui se fait à un débit tel que la vitesse (V_n) de l'échantillon au niveau de la buse de prélèvement est proportionnelle à la vitesse dans la cheminée au point d'échantillonnage (V_s) ou $V_n = KV_s$. Toute variation de la vitesse du gaz dans la cheminée nécessite un changement dans le débit d'échantillonnage pour maintenir la constante de propor-

tionnalité K à sa valeur première.

3.3.3 Analyse

3.3.3.1 Déterminer les concentrations gazeuses aussitôt que possible après prélèvement des échantillons.

3.3.3.2 Pour l'échantillonnage au hasard, répéter le prélèvement et l'analyse jusqu'à ce que le volume des constituants gazeux de trois échantillons pris consécutivement ne varient pas de plus de 0.5 p. 100.

3.3.3.3 Pour l'échantillonnage intégré, répéter l'analyse de l'échantillon jusqu'à ce que le volume des constituants gazeux de trois analyses consécutives ne varient pas de plus de 0.2 p. 100.

3.4 CALCULS

3.4.1 Poids moléculaire moyen

Le poids moléculaire moyen du mélange de gaz se rend par la formule:

$$M = \sum_{i=1}^n x_i M_i$$

où x_i est la fraction molaire et M_i le poids molaire de chacun des constituants du mélange.

3.4.2 Poids moléculaires secs et humides

Pour la plupart des sources, utiliser l'équation C-1 pour calculer le poids moléculaire sec de l'échantillon. On peut modifier cette équation en ajoutant des termes s'il y a d'autres constituants gazeux pouvant faire varier le poids moléculaire de l'échantillon. Utiliser l'équation C-2 pour calculer le poids moléculaire du gaz de la cheminée à l'état humide.

$$[C-1] \quad M_d = 0.44(\%CO_2) + 0.32(\%O_2) + 0.28(\%N_2 + \%CO)$$

$$\left[C-2 \right] \quad M_s = M_d(1 - B_{wo}) + 18B_{wo}$$

où

- M_d — le poids moléculaire sec du gaz de la cheminée, lb/lb-mole
- M_s — le poids moléculaire humide du gaz de la cheminée, lb/lb-mole
- $\%CO_2$ — le pourcentage en volume de gaz carbonique à l'état sec
- $\%O_2$ — le pourcentage en volume d'oxygène à l'état sec
- $\%N_2$ — le pourcentage en volume d'azote à l'état sec
- 0.44 — le poids moléculaire du gaz carbonique divisé par 100, lb/lb-mole
- 0.32 — le poids moléculaire de l'oxygène divisé par 100, lb/lb-mole
- 0.28 — le poids moléculaire de l'azote et du monoxyde de carbone divisé par 100, lb/lb-mole
- B_{wo} — la fraction volumétrique de vapeur d'eau dans le gaz de cheminée
- 18 — le poids moléculaire de l'eau, lb/lb-mole
- NOTE — $\%N_2$ est calculé par différence. La plupart du temps, on peut utiliser l'équation suivante:

$$\%N_2 = 100 - (\%CO_{2avg} + \%O_{2avg} + \%CO_{avg})$$

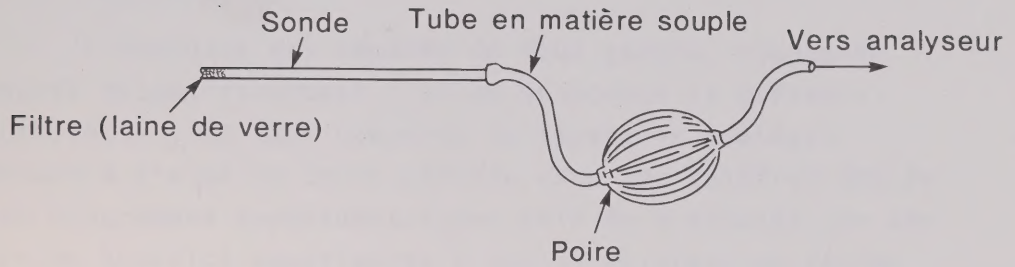


FIGURE C-1 DISPOSITIF D'ÉCHANTILLONNAGE AU HASARD

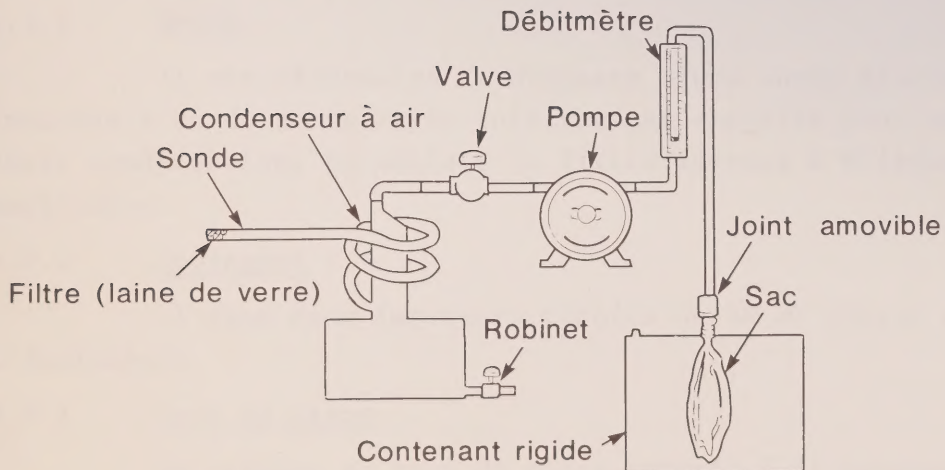


FIGURE C-2 DISPOSITIF D'ÉCHANTILLONNAGE INTÉGRÉ

4 MÉTHODE D: DOSAGE DE L'HUMIDITÉ

4.1 PRINCIPE

L'humidité est séparée du flux gazeux, condensée et mesurée volumétriquement. Si on soupçonne la présence de gouttelettes, il faut comparer la teneur en humidité déterminée à l'aide de cette méthode avec les chiffres donnés par les diagrammes psychrométriques afin de s'assurer que des teneurs en humidité supérieures à celles existant en régime saturé ne soient pas rapportées pour la température moyenne des gaz de la cheminée. Si la température du gaz de la cheminée est inférieure à 212 °F, et la vitesse supérieure à 15 pi/s, on peut en déterminer psychrométriquement la teneur en humidité, sauf si on a affaire à un écoulement de gaz acides.

4.2 APPAREILLAGE

4.2.1 Sonde

Il est nécessaire de disposer d'une sonde d'acier inoxydable ou de verre Pyrex suffisamment chauffée pour empêcher toute condensation, et munie d'un filtre servant à éliminer les particules.

4.2.2 Impingers

Il faut deux impingers réduits de 30 ml chacun ou l'équivalent.

4.2.3 Bain de glace

On utilise un bain de glace servant à la condensation de l'humidité à l'intérieur des impingers.

4.2.4 Tube de gel de silice (falcutatif)

Ce tube sert à protéger la pompe et le compteur de gaz type sec.

4.2.5 Soupape de régulation du débit

Il faut une valve pour régulariser l'écoulement du gaz.

4.2.6 Pompe

Il faut une pompe étanche pour l'aspiration du gaz passant par le dispositif.

4.2.7 Compteur de gaz type sec

Il faut un compteur étalonné de gaz type sec pouvant mesurer jusqu'à 1 p. 100 du volume total de l'échantillon.

4.2.8 Rotamètre

On a besoin d'un rotamètre ou d'un débitmètre à diaphragme étalonné pour mesurer jusqu'à un débit maximal de $0.2 \text{ pi}^3/\text{min}$.

4.2.9 Cylindre gradué

Il faut un cylindre gradué de 25 ml.

4.2.10 Baromètre

Il faut un baromètre pouvant lire jusqu'à moins de 0.1 po de Hg.

4.2.11 Tube de pitot type S

On fixe un tube de pitot type S ou l'équivalent à la sonde de telle manière qu'on puisse régler le débit d'échantillonnage proportionnellement à la vitesse du gaz de la cheminée quand cette vitesse varie avec le temps ou qu'on effectue un échantillonnage aux points de mesure.

4.3 MODE OPÉRATOIRE

4.3.1 Verser exactement 5 ml d'eau distillée dans chaque impinger. Monter l'appareillage sans y inclure la sonde (voir figure D-1). Vérifier s'il y a des fuites en bouchant l'ouverture d'arrivée au niveau du premier impinger et en créant le vide.

4.3.2 Fixer la sonde et prélever à 0.075 pi³/min. Ajuster proportionnellement le débit d'échantillonnage aux variations de la vitesse du gaz dans la cheminée. Continuer l'échantillonnage jusqu'à ce que le compteur de gaz type sec indique 1 pi³ ou jusqu'à ce que des gouttelettes assez grosses pour être visibles passent du premier impinger au deuxième. Noter la température, la pression et les lectures du compteur de gaz type sec et compiler en tableau en suivant la figure D-2.

4.3.3 Après prélèvement des échantillons, mesurer l'augmentation de volume à 0.5 ml près.

4.4 CALCULS

4.4.1 Volume de vapeur d'eau recueilli

Utiliser l'équation D-1 pour calculer le volume de vapeur d'eau recueilli:

$$\left[\begin{array}{l} \text{D-1} \end{array} \right] \quad V_{wc} = \frac{(V_f - V_i) \quad \rho_{H_2O} \quad R T_{ref}}{(453.59) \quad P_{ref} \quad M_{H_2O}}$$

$$= 0.0480 \text{ pi}^3/\text{ml} (V_f - V_i)$$

où

- V_{wc} — le volume de vapeur d'eau recueilli aux conditions de référence, pi³
- V_f — le volume final du contenu des impingers, ml
- V_i — le volume initial du contenu des impingers, ml
- 453.59 — un facteur de conversion, g/lb
- R — la constante universelle des gaz, 21.83 (po de Hg pi³) (lb-mole °R)
- ρ_{H_2O} — la densité de l'eau, 1 g/ml

- T_{ref} — la température absolue aux conditions de référence, 537 °R
- P_{ref} — la pression absolue aux conditions de référence, 29.92 po de Hg
- M_{H_2O} — le poids moléculaire de l'eau, 18 lb/lb-mole

4.4.2 Volume de gaz

Utiliser l'équation D-2 pour le calcul du volume de gaz:

$$\begin{aligned} \left[D-2 \right] \quad (V_m)_{ref} &= V_m \left(\frac{P_m}{P_{ref}} \right) \left(\frac{T_{ref}}{T_m} \right) \\ &= 17.95 \frac{^{\circ}R}{\text{po de Hg}} \left(\frac{V_m P_m}{T_m} \right) \end{aligned}$$

où

- $(V_m)_{ref}$ — le volume de gaz sec du compteur de gaz type sec, aux conditions de référence, pi^3
- V_m — le volume de gaz sec mesuré par le compteur de gaz type sec, pi^3
- P_m — la pression absolue dans le compteur de gaz type sec, po de Hg
- P_{ref} — la pression absolue aux conditions de référence, 29.92 po de Hg
- T_m — la température absolue dans le compteur de gaz type sec, °R
- T_{ref} — la température absolue aux conditions de référence, 537 °R

4.4.3 Teneur en humidité

Utiliser l'équation D-3 pour calculer la teneur en humidité:

$$\begin{aligned} \left[D-3 \right] \quad B_{wo} &= \frac{V_{wc}}{V_{wc} + (V_m)_{ref}} + B_{wm} \\ B_{wm} &= \frac{P_v}{P} \end{aligned}$$

où

- B_{wo} — la fraction volumétrique de la vapeur d'eau dans le flux gazeux
- V_{wc} — le volume de vapeur d'eau recueilli aux conditions de référence, pi^3
- $(V_m)_{ref}$ — le volume de gaz sec mesuré par le compteur de gaz type sec aux conditions de référence, pi^3
- B_{wm} — la fraction volumétrique de vapeur d'eau dans le flux de gaz issu du dernier impinger
- P_v — la pression de vapeur de la vapeur d'eau issue du dernier impinger, po de Hg
- P — la pression absolue prévalant au niveau du dernier impinger; on peut prendre sa valeur approximative en mesurant la pression barométrique, po de Hg

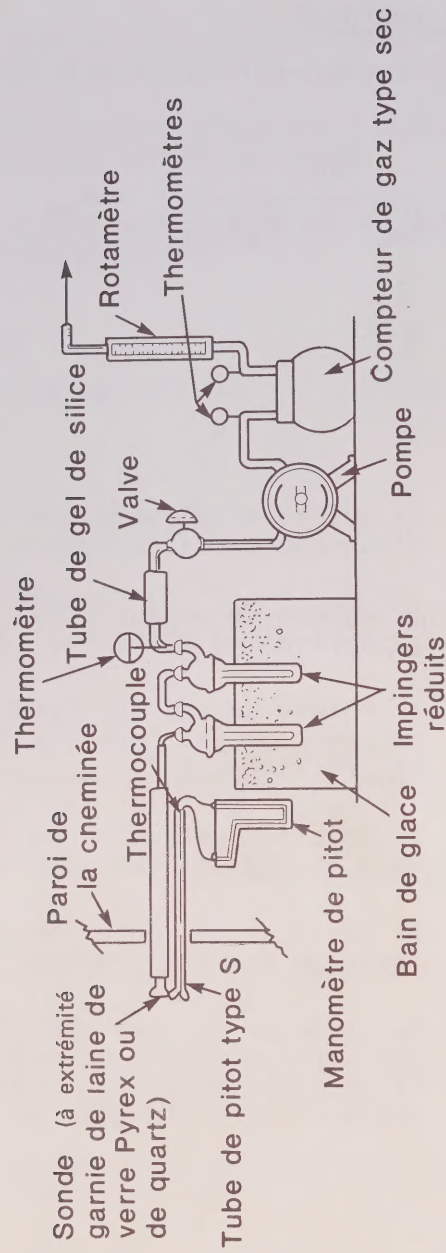


FIGURE D-1 DISPOSITIF D'ÉCHANTILLONNAGE DE L'HUMIDITÉ

Test effectué par _____

[illegible]

5 MÉTHODE E: DOSAGE DES PARTICULES ÉMISES

5.1 PRINCIPE

On recueille les particules par échantillonnage isocinétique en un certain nombre de points à l'intérieur de la cheminée et on en détermine le poids par gravimétrie après élimination de l'eau non liée. Un échantillonnage isocinétique signifie que la vitesse linéaire du gaz entrant dans la buse d'échantillonnage est égale à celle de l'écoulement de gaz non perturbé au point d'échantillonnage.

5.2 APPAREILLAGE

5.2.1 Dispositif d'échantillonnage (figure E-1)

5.2.1.1 Buse. Une buse d'acier inoxydable dont l'extrémité d'attaque est pointue et effilée est nécessaire. On peut utiliser une buse équivalente en Pyrex, en Vycor, en borosilicate ou en quartz si on travaille à haute température ou en atmosphère de gaz corrosifs.

5.2.1.2 Sonde. Il faut une sonde en Pyrex entourée d'une gaine d'acier inoxydable et pourvue d'un système de chauffage pouvant maintenir le gaz à une température supérieure au point de rosée acide ou à 250 °F, la plus élevée des deux à la sortie et durant l'échantillonnage pour empêcher toute condensation. Les sondes d'échantillonnage en écoulements de gaz dépassant 600 °F devront être revêtues de verres spéciaux tel que le Vycor, le quartz ou l'équivalent. On pourra utiliser l'Incoloy 825 ou l'équivalent, quand des questions de longueurs ou de résistance empêchent l'utilisation d'un revêtement de verre. On pourra utiliser des sondes refroidies à l'eau là quand des gaz très chauds pourraient endommager la buse et la sonde.

5.2.1.3 Tube de pitot type S. On fixe à la sonde un tube de pitot type S ou l'équivalent pour surveiller la vitesse du gaz de la cheminée.

5.2.1.4 Indicateur de température. Au tube de pitot, on accouple un thermocouple ou l'équivalent pouvant mesurer les températures à l'intérieur de la cheminée jusqu'à 1.5 p. 100 de la température minimale absolue dans la cheminée. Si on travaille à des températures supérieures à 700 °F, on devra fournir la protection et l'aspiration adéquates au thermocouple. On choisira le thermocouple en fonction de la température et de la corrosivité des gaz de la cheminée.

5.2.1.5 Cyclone modèle réduit (facultatif). Un cyclone de verre Pyrex, modèle réduit, reliant la sonde d'échantillonnage au filtre sert à recueillir la fraction de l'écoulement gazeux constitué par les grosses particules, quand cette fraction est importante. Le cyclone empêche un amoncellement trop rapide des particules sur le matériau filtrant et permet des durées d'échantillonnage plus longues qu'il ne serait possible d'obtenir autrement. On doit maintenir le cyclone à une température supérieure du point de rosée acide du gaz échantillonné ou à 225 °F, la plus élevée des deux.

5.2.1.6 Porte-filtre. Il faut un porte-filtre de verre Pyrex muni d'un système de chauffage pouvant garder la température supérieure du point de rosée acide du gaz échantillonné ou à 225 °F, la plus élevée des deux. On utilisera un support à filtre en verre fritté poreux ou l'équivalent ainsi qu'un joint approprié.

5.2.1.7 Filtre. Il faut un filtre de fibre de verre ayant subi un flambage éclair (pour éliminer le liant organique), d'un diamètre compatible avec celui du porte-filtre et de porosité 0.3 µm. On peut utiliser d'autres types de matériaux filtrants selon le type, la grosseur et la quantité de particules, la température et la corrosivité des constituants des gaz de la cheminée et de l'analyse qui s'effectuera ultérieurement.

5.2.1.8 Impingers. On dispose quatre impingers Greenburgh-Smith en série. On modifie le premier, le troisième et le quatrième en remplaçant la buse et la plaque d'impact normales par un tube de verre de $\frac{1}{2}$ po de diamètre intérieur, et descendant jusqu'à $\frac{1}{2}$ po du fond de l'impinger. Le deuxième impinger conserve sa buse et sa plaque d'impact normales.

5.2.1.9 Pompe à vide étanche. Utiliser une pompe à vide étanche pouvant conserver une vitesse d'échantillonnage isocinétique et aspirer sans arrêt une fraction des gaz de la cheminée à l'intérieur du circuit du dispositif d'échantillonnage. La pompe est reliée à la sortie du dernier impinger par un circuit à vide muni d'un manomètre à vide pour mesurer le vide créé par la pompe jusqu'à moins de 0.5 po de Hg et d'une soupape pour régler grossièrement l'écoulement de l'échantillon. Au niveau de la pompe, il y a une soupape de dérivation permettant un réglage précis de l'écoulement de l'échantillon.

5.2.1.10 Compteur de gaz type sec. On utilise un compteur de gaz type sec étalonné jusqu'à ± 1 p. 100, et muni d'indicateurs de température à l'entrée et à la sortie, pour déterminer le volume de l'échantillon. Ce compteur suit la pompe à vide dans le circuit d'échantillonnage.

5.2.1.11 Débitmètre à diaphragme. On utilise un débitmètre à diaphragme pour mesurer le débit de l'échantillon. Ce débitmètre est relié à la sortie du compteur de gaz type sec.

5.2.1.12 Manomètres différentiels. Il faut des manomètres à tube incliné ou l'équivalent pouvant mesurer la pression due à la vitesse du gaz dans le tube de pitot et la chute de pression au niveau du débitmètre à diaphragme jusqu'à moins de 0.005 po de H₂O.

5.2.1.13 Baromètre. On utilisera un baromètre pouvant mesurer la pression atmosphérique jusqu'à ± 0.1 po de Hg.

5.2.2 Récupération de l'échantillon

5.2.2.1 Goupillon pour la sonde. Il est nécessaire de disposer d'un goupillon d'une longueur au moins égale à celle de la sonde.

5.2.2.2 Divers. Il faut deux flacons laveurs, contenant pour conserver l'échantillon et un cylindre gradué de 250 ml.

5.2.3 Analyse des échantillons

5.2.3.1 Trébuchet. Il faut une balance pouvant mesurer jusqu'à 300 g et ± 0.05 g.

5.2.3.2 Balance analytique. On utilisera une balance pouvant mesurer jusqu'à ± 0.1 mg.

5.2.3.3 Divers. Il faut des flacons à tare ainsi qu'un dessiccateur.

5.3 RÉACTIFS

5.3.1 Circuit d'échantillonnage

Il faut du gel de silice 6 à 16 mailles, type indicateur, séché à 350 °F pendant 2 h, de l'eau déionisée ou distillée et de la glace concassée.

5.3.2 Récupération des échantillons

Il faut de l'acétone de qualité 'reactif' et de l'eau déionisée ou distillée.

5.3.3 Analyse des échantillons

Il faut de l'eau déionisée ou distillée.

5.4 MODE OPÉRATOIRE

5.4.1 Circuit d'échantillonnage

5.4.1.1 Préparation. Choisir le site d'échantillonnage et le nombre minimal de points d'échantillonnage selon la méthode

décrite en A. Déterminer la pression, la température, la teneur en humidité et l'intervalle de variation de la pression due à la vitesse du gaz existant à l'intérieur de la cheminée, et utiliser ces données pour calculer le débit d'échantillonnage isocinétique des particules de cheminée requis au cours des essais ultérieurs. Déterminer la grosseur de la buse requise à cet effet en se basant sur ces données. Le diamètre intérieur minimal conseillé pour la buse est de $\frac{1}{4}$ po.

5.4.1.2 Préparation du circuit de prélèvement. Marquer un filtre de diamètre approprié et l'assécher pendant au moins 24 h à l'aide de Drierite ou l'équivalent, à 70 ± 10 °F et le peser à 0.5 mg près dans une pièce où l'humidité relative ne dépasse pas 50 p. 100. Placer le filtre ainsi pesé dans un contenant propre pour empêcher toute contamination au cours du transport au site de prélèvement. Peser 200 g de gel de silice à 1 g près. Verser 100 ml d'eau déionisée ou distillée dans chacun des deux premiers impingers, laisser le troisième vide et mettre les 200 g de gel de silice déjà pesés dans le quatrième. Monter le circuit d'échantillonnage selon la figure E-1, sans y inclure la sonde. Sur les lieux du prélèvement, vérifier s'il n'y a pas de fuite en bouchant l'entrée du circuit au niveau du porte-filtre et en créant un vide de 15 po de Hg. Si l'aiguille du compteur à gaz sec se déplace, on peut considérer comme acceptable un débit de fuite ne dépassant pas $0.02 \text{ pi}^3/\text{min}$, sous pression de 15 po de Hg. Connecter la sonde et régler le chauffage de façon à ce que la température minimale du gaz à la sortie de la sonde soit de 250 °F. Régler le système de chauffage du filtre de façon à fournir au porte-filtre une température de 225 °F. Entourer les impingers de glace concassée. Ajouter de la glace pendant le prélèvement en vue de maintenir aussi basse que possible la température des gaz sortant du dernier impinger, de préférence à 70 °F ou moins. Les températures supérieures à 70 °F peuvent provoquer des dommages dans le compteur de gaz

type sec, soit à cause de la condensation, soit par excès de chaleur.

5.4.1.3 Échantillonnage des particules. Pour commencer, placer la buse de prélèvement sur le premier point d'échantillonnage (point de mesure). Plonger la buse directement dans le flux de gaz qui s'approche et fixer tout l'appareillage à son support. Mettre la pompe en marche et régler le débit d'échantillonnage aux conditions isocinétiques. Échantillonner durant au moins 5 min à chacun des points d'échantillonnage; le temps d'échantillonnage doit être le même à chacun des points. Garder l'échantillonnage isocinétique tout au long de durée d'échantillonnage en faisant les réglages nécessaires du débit d'échantillonnage au fur et à mesure que les conditions dans la cheminée varieront ou que l'accumulation de particules sur le filtre influera sur le débit. Il existe des abaques, ou on peut en créer, qui permettent un réglage rapide du débit sans autre forme de calcul. Pour chaque essai, noter les données nécessaires sur la feuille illustrée à la figure E-2. Les lectures d'appareils devront être notées à des intervalles de temps en accord avec la durée d'échantillonnage à chaque point. Ainsi, si l'échantillonnage dure un minimum de 5 min pour chaque point, on devra noter les lectures toutes les $2\frac{1}{2}$ min et toutes les fois qu'il sera nécessaire de procéder à des réglages de débit. L'intervalle de temps entre les lectures ne doit pas dépasser 5 min. Quand on a terminé l'échantillonnage de la section, arrêter la pompe à vide et noter les dernières lectures d'instruments. Transporter le dispositif d'échantillonnage à l'autre orifice d'échantillonnage et répéter l'opération. Quand ce second échantillonnage est terminé, détacher le dispositif d'échantillonnage de la cheminée et le manipuler suivant le mode de récupération des échantillons exposé en 5.4.2.

5.4.2 Récupération des échantillons

Sur les lieux de l'échantillonnage même, détacher la sonde du reste du circuit d'échantillonnage. Manoeuvrer avec

soin en transportant l'appareillage du site d'échantillonnage à l'endroit de récupération des échantillons afin de réduire à leur plus simple expression les pertes en échantillon et les gains en particules étrangères. Laver les parois internes de l'assemblage buse-sonde à l'acétone en utilisant un goupillon pour en détacher les particules collées, conserver ces liquides de lavage dans un contenant numéroté (contenant 1) et couvrir. Si on a utilisé un cyclone modèle réduit précédant le filtre, le détacher de l'assemblage et laver l'intérieur à l'acétone; utiliser une spatule à bout de caoutchouc pour enlever les particules qui y sont collées et ajouter ces liquides de lavage à ceux du contenant 1. Enlever le filtre de son support, le déposer dans son récipient et sceller. Laver la partie interne du porte-filtre précédant le filtre à l'acétone et ajouter les liquides de lavage au contenant 1. Sceller ce contenant. Mesurer le volume d'eau contenu dans les trois premiers impingers à 0.5 ml près et inscrire les résultats sur la feuille de données sur l'analyse de l'humidité (figure E-3). Verser le contenu des trois impingers dans un second contenant numéroté (contenant 2). Rincer les trois premiers impingers, tous les joints et la paroi interne du porte-filtre située après le filtre avec de l'eau déionisée ou distillée et ajouter ces eaux de lavage au contenant 2. Sceller le contenant 2. À l'aide d'une spatule à bout de caoutchouc, c'est nécessaire vider le gel de silice du quatrième impinger dans un contenant et sceller celui-ci.

5.4.3 Analyse des échantillons

5.4.3.1 Liquides de lavage de la buse et la sonde, du cyclone et du porte-filtre. Vider le contenu du contenant 1 dans un bécher de verre taré, couvrir d'un verre de montre et laisser évaporer à température et pression ambiantes. Mettre au dessiccateur jusqu'à poids constant. Indiquer les résultats à 0.5 mg près sur la feuille d'analyse des particules (figure E-4).

5.4.3.2 Flacon de récupération du contenu du cyclone. Faire dessécher la matière particulaire du flacon de récupération jusqu'à un poids constant et noter les résultats à 0.5 mg près sur la feuille des résultats de l'analyse des particules (figure E-4).

5.4.3.3 Filtre de fibre de verre. Transférer le filtre et toute matière particulaire qui s'en serait détachée de son récipient à un pèse-tare. Mettre au dessiccateur jusqu'à un poids constant et noter les résultats à 0.5 mg près sur la feuille des résultats de l'analyse des particules.

5.4.3.4 Impingers. Évaporer le contenu des impingers et les eaux de lavage des impingers jusqu'à sec, à 212 °F. Mettre au dessiccateur jusqu'à un poids constant et noter les résultats à 0.5 mg près sur la feuille des résultats de l'analyse des particules. Ne pas tenir compte du poids de cette matière lors du calcul du poids total des particules à moins d'indication contraire dans la définition des substances particulières ou des poussières pour l'installation mise à l'essai. Peser le gel de silice 'usé' du quatrième impinger à 1 g près et indiquer le résultat sur la feuille de données sur la teneur en humidité (figure E-3).

5.5 CALCULS

5.5.1 Température moyenne du compteur de gaz type sec et chute de pression au niveau du diaphragme

Voir la feuille de données (figure E-2).

5.5.2 Volume de gaz sec

Convertir la valeur du volume d'échantillon mesuré en sa valeur aux conditions de référence (77 °F et 29.92 po de Hg) en utilisant l'équation E-1:

$$[E-1] \quad (V_m)_{\text{ref}} = V_m \left(\frac{T_{\text{ref}}}{T_m} \right) \left(\frac{P_{\text{bar}} + \frac{\Delta H}{13.6}}{P_{\text{ref}}} \right)$$

$$(V_m)_{\text{ref}} = \left(17.95 \frac{^{\circ}\text{R}}{\text{po de Hg}} \right) \left(\frac{V_m}{T_m} \right) \left(P_{\text{bar}} + \frac{\Delta H}{13.6} \right)$$

où

- $(V_m)_{\text{ref}}$ — le volume de gaz mesuré par le compteur de gaz type sec aux conditions de référence, pi^3
- V_m — le volume de gaz effectivement mesuré par le compteur de gaz type sec, pi^3
- T_{ref} — la température absolue aux conditions de référence, 537°R
- T_m — la température moyenne du compteur de gaz type sec, $^{\circ}\text{R}$
- P_{bar} — la pression barométrique au niveau du diaphragme, po de Hg
- ΔH — la chute de pression moyenne au niveau du diaphragme (voir figure E-2), po de H_2O
- 13.6 — un facteur de conversion, po de H_2O /po de Hg
- P_{ref} — la pression absolue aux conditions de référence, 29.92 po de Hg

5.5.3 Volume de la vapeur d'eau

À l'aide de l'équation E-2, convertir le volume d'eau de condensation recueilli durant l'échantillonnage en un volume de vapeur d'eau aux conditions de référence:

$$[E-2] \quad (V_w)_{ref} = V_{lc} \left(\frac{\rho_{H_2O}}{M_{H_2O}} \right) \left(\frac{RT_{ref}}{P_{ref}} \right) \frac{1}{453.59}$$

$$(V_w)_{ref} = (0.0480 \frac{pi^3}{ml}) V_{lc}$$

où

- $(V_w)_{ref}$ — le volume de vapeur d'eau compris dans l'échantillon de gaz aux conditions de référence, pi^3
- V_{lc} — le volume total de liquide recueilli dans les impingers (voir figure E-2), ml
- ρ_{H_2O} — la densité de l'eau, 1 g/ml
- M_{H_2O} — le poids moléculaire de l'eau, 18 lb/lb-mole
- R — la constante universelle des gaz, 21.83 po de Hg pi^3 /lb-mole $^{\circ}R$
- T_{ref} — la température absolue aux conditions de référence, 537 $^{\circ}R$
- P_{ref} — la pression absolue aux conditions de référence, 29.92 po de Hg
- 453.59 — un facteur de conversion, g/lb

5.5.4 Teneur en humidité

À l'aide de l'équation E-3, calculer la teneur en humidité du gaz de la cheminée:

$$\left[\text{E-3} \right] \quad B_{wo} = \frac{(V_w)_{\text{ref}}}{(V_m)_{\text{ref}} + (V_w)_{\text{ref}}}$$

où

B_{wo} — la fraction volumétrique de la vapeur d'eau au sein du flux gazeux

$(V_w)_{\text{ref}}$ — le volume de vapeur d'eau contenu dans l'échantillon de gaz aux conditions de référence, pi^3 (voir équation E-2)

$(V_m)_{\text{ref}}$ — le volume de gaz détecté par le compteur de gaz type sec aux conditions de référence, pi^3

5.5.5 Poids total des particules

Calculer le poids total des particules recueillies en faisant la somme des poids inscrits sur la feuille des résultats d'analyse (figure E-4).

5.5.6 Concentration en particules

À l'aide de l'équation E-4, calculer la concentration en particules du gaz de cheminée:

$$\left[\text{E-4} \right] \quad C_s = (2.205 \times 10^{-6}) \frac{M_p}{(V_m)_{\text{ref}}}$$

où

- C_s — la concentration sèche en particules de gaz de cheminée aux conditions de référence, lb/pi³
- M_p — la masse totale des particules recueillies (voir figure E-4), mg
- $(V_m)_{ref}$ — le volume d'échantillon gazeux mesuré par le compteur de gaz type sec aux conditions de référence (voir équation E-1), pi³
- 2.205×10^{-6} — un facteur de conversion, lb/mg

5.5.7 Taux d'émission

À l'aide de l'équation E-5, calculer le taux d'émission de particules:

$$\left[E-5 \right] \quad ER_p = (C_s) (Q_s)$$

où

- ER_p — le taux d'émission sec de particules par la cheminée aux conditions de référence, lb/h
- C_s — la concentration sèche de particules dans le gaz de cheminée aux conditions de référence, lb/pi³
- Q_s — le débit volumétrique sec de l'écoulement de gaz dans la cheminée aux conditions de référence, pi³/h (voir équation B-2)

5.5.8 Résultats acceptables

La variation isocinétique (I), calculée pour chaque point d'échantillonnage à l'aide de l'équation E-6 devrait être située à l'intérieur de l'intervalle 90% $\leq I \leq 110\%$.

$$\left[\begin{array}{l} \text{E-6} \end{array} \right] \% I = \frac{\frac{V_m}{t} \left(\frac{1}{1-B_{wo}} \right) \left(P_{bar} + \frac{\Delta H}{13.6} \right) T_s}{0.3272 (N_d)^2 \left(\frac{T_{mi} + T_{mo}}{2} \right) P_s U_s} \times 100$$

où

- I — le rapport vitesse d'échantillonnage au niveau de la buse-vitesse du gaz dans la cheminée
- V_m — le volume de gaz effectivement mesuré aux conditions ambiantes par le compteur de gaz pour chaque point d'échantillonnage, pi^3
- t — le temps mis à l'échantillonnage de chacun des points, min
- B_{wo} — la fraction volumétrique de la vapeur d'eau dans le flux gazeux (voir équation E-3)
- P_s — la pression absolue du gaz à l'intérieur de la cheminée, po de Hg
- T_s — la température absolue du gaz de la cheminée pour chacun des points échantillonnés, °R
- T_{mi} — la température absolue à l'entrée du compteur de gaz type sec pour chacun des points échantillonnés, °R

T_{mo}	-	la température absolue à la sortie du compteur de gaz type sec pour chacun des points échantillonnés, °R
P_{bar}	-	la pression barométrique au site de prélèvement, po de Hg
U_s	-	la vitesse du gaz de la cheminée à chacun des points d'échantillonnage, pi/s (voir équation B-1)
N_d	-	le diamètre intérieur de la buse d'échantillonnage, po
ΔH	-	la chute de pression au niveau du débitmètre à diaphragme pour chacun des points échantillonnés, po de H ₂ O
0.3272	-	un facteur de conversion, (s/min) (pi ² /po ²)
13.6	-	un facteur de conversion, po de H ₂ O/po de Hg

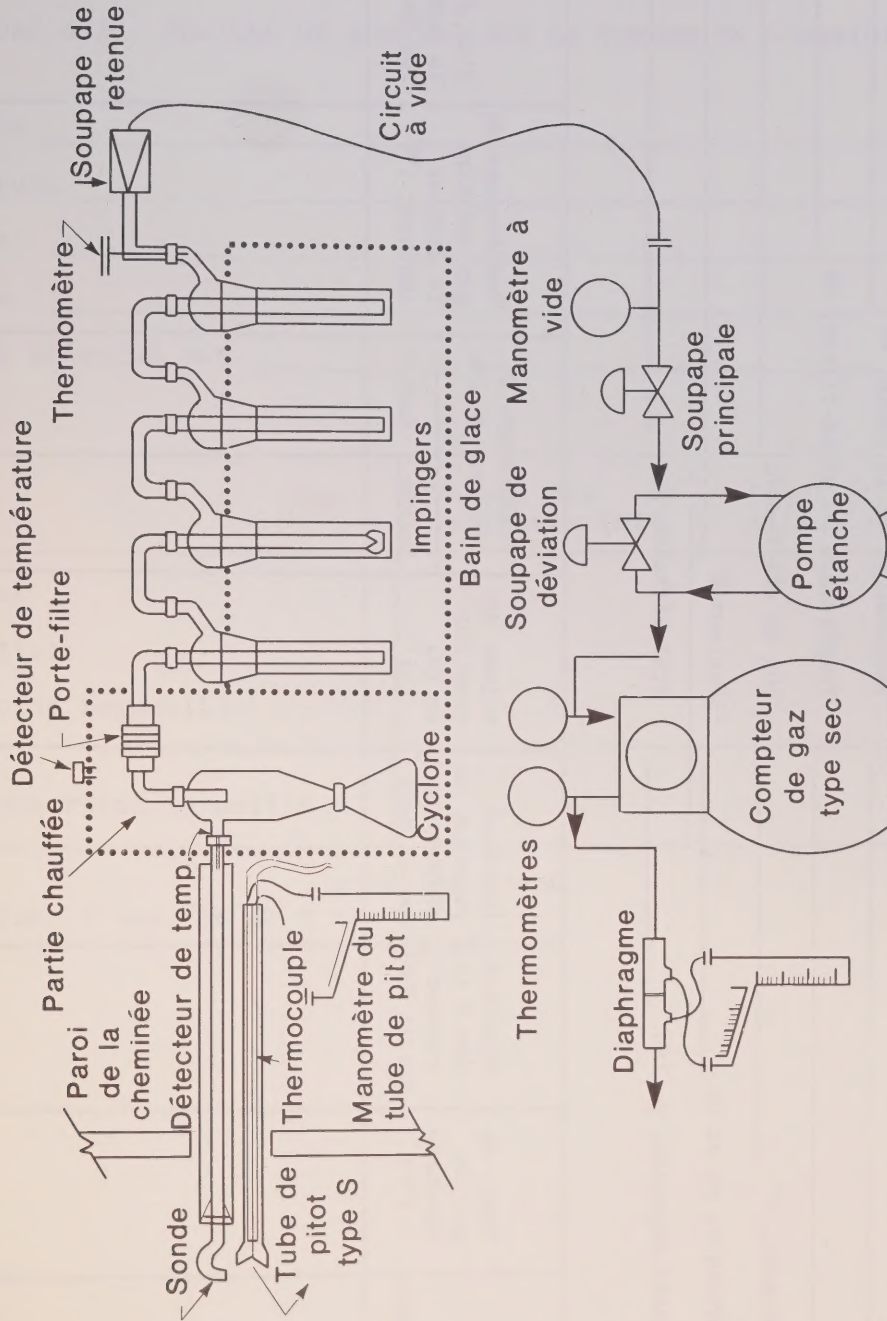


FIGURE E-1 DISPOSITIF D'ÉCHANTILLONNAGE DES PARTICULES

FIGURE E-2 FEUILLE DE DONNÉES SUR L'ÉCHANTILLONNAGE DES PARTICULES

Usine _____ Diamètre de la buse, po _____

Endroit _____ Longueur de la sonde, pi _____

Test _____ Température de la sonde, °F _____

Date _____ Température du porte-filtre, °F _____

Température ambiante, °F _____ *ΔH@ du débitmètre _____

Pression barométrique, po de Hg _____ **Facteur C _____

Teneur en humidité supposée, p. 100 _____ Test effectué par _____

Point d'échantillonnage	Heure	Temp. du gaz de cheminée (°F) ~	Pression due à la vitesse (po de H ₂ O)	Chute de pression au diaphragme (po de H ₂ O)	Volume du compteur de gaz (pi ³)	Température du compteur de gaz (°F)		Température du gaz quittant le dernier impinger (°F)	Vide de la pompe (po de Hg)
						Entrée	Sortie		

*ΔH@ est le paramètre du débitmètre à diaphragme défini à la section 6.2.4.2.

**Le facteur C est tiré de l'abaque.

FIGURE E-3 FEUILLE DE DONNÉES SUR LA TENEUR EN L'HUMIDITÉ

Usine _____

Endroit _____

Test _____

Date _____

Test effectué par _____

	Volume des impingers (ml)	Poids du gel de silice (g)
Final		
Initial		
Liquide recueilli		
Volume total recueilli	V_{lc}	ml*

$$*Volume\ d'eau,\ en\ ml = \frac{\text{poids de l'eau}}{1\ g/ml}$$

FIGURE E-4 FEUILLE DES RÉSULTATS DE L'ANALYSE DES PARTICULES

Usine _____

Endroit _____

Test _____

Date _____

Test effectué par _____

	Poids final (mg)	Poids de la tare (mg)	Poids des particules (mg)
Contenant 1: Bécher contenant les liquides de lavage de la buse, de la sonde, du cyclone et de la section d'attaque du porte-filtre			
Contenant 2: Bécher contenant les contenus des impingers et les liquides de lavage de tous les joints et de la moitié arrière du porte-filtre			*
Flacon de récupération du contenu du cyclone			
Filtre de fibre de verre			
Poids total des particules M_p (mg)			

*À négliger lors du calcul de la masse totale des particules (M_p), sauf indication contraire dans le mode opératoire qui s'applique à ce test.

6 MÉTHODE F: MODE D'ÉTALONNAGE DU TUBE DE PITOT
TYPE S, DU COMPTEUR DE GAZ TYPE SEC, DU DÉBITMÈTRE
À DIAPHRAGME ET DU ROTAMÈTRE

6.1 TUBE DE PITOT TYPE S

6.1.1 Principe

On étalonne l'assemblage du tube de pitot type S et de la sonde à l'aide d'un tube de pitot normal de coefficient connu. Cet étalonnage devra s'effectuer avant et après toute utilisation sur le terrain et les coefficients devront être notés.

6.1.2 Appareils

6.1.2.1 Tube de pitot normal. On utilise un tube de pitot normal pour étalonner le tube de pitot type S.

6.1.2.2 Manomètre différentiel. On utilise un manomètre à tube incliné ou un micromanomètre pour mesurer la pression due à la vitesse du gaz jusqu'à 0.005 po de H₂O.

6.1.2.3 Écoulement de gaz continu. Il est nécessaire de disposer d'un écoulement de gaz à l'intérieur d'un tunnel aérodynamique ou d'un conduit droit de section constante.

6.1.3 Mode opératoire

Plonger l'assemblage du tube de pitot type S et de la sonde dans un écoulement d'air près du centre du conduit à au moins 8 diamètres du conduit en aval et 2 diamètres du conduit en amont de tout point de turbulence. Noter d'abord la pression due à la vitesse du gaz avec un embranchement du tube de pitot dirigée vers l'aval et ensuite avec l'autre. Retirer le tube de pitot type S et remplacer par un tube de pitot normal plongé au même endroit et noter la pression due à la vitesse du gaz. Continuer en faisant varier la vitesse du flux gazeux jusqu'à ce que le domaine d'application prévu pour le tube de pitot ait

été exploré.

On peut utiliser des méthodes plus compliquées qui permettent de lire simultanément les pressions dues à la vitesse des gaz, indiquées par le tube de pitot normal et le tube de pitot type S, pourvu que l'on remplisse les conditions minimales déjà spécifiées.

6.1.4 Calculs

Calculer le coefficient du tube de pitot type S à l'aide de l'équation F-1. Comparer les coefficients obtenus à partir de chacune des orientations du tube de pitot. Utiliser le tube de pitot seulement si les coefficients ne diffèrent pas de plus de 0.01 et si le coefficient moyen est compris dans l'intervalle 0.85 ± 0.02 .

$$\left[\text{F-1} \right] \quad C_{p \text{ test}} = C_{p \text{ std}} \left(\frac{\Delta_{p \text{ std}}}{\Delta_{p \text{ test}}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

où

$C_{p \text{ test}}$ — le coefficient du tube de pitot type S

$C_{p \text{ std}}$ — le coefficient du tube de pitot normal (si inconnu, utiliser 0.99)

$\Delta_{p \text{ std}}$ — la pression due à la vitesse du gaz mesuré par le tube de pitot normal, p_0 de H_2O

$\Delta_{p \text{ test}}$ — la pression due à la vitesse du gaz mesurée par le tube de pitot type S, p_0 de H_2O

6.2 COMPTEUR DE GAZ TYPE SEC ET DÉBITMÈTRE À DIAPHRAGME

6.2.1 Principe

On étalonne le compteur de gaz type sec et le débitmètre à diaphragme du dispositif d'échantillonnage des particules à l'aide d'un compteur de gaz type humide.

6.2.2 Appareillage

Il faut un compteur de gaz type humide ou l'équivalent pouvant mesurer 1 pi³ par tour avec un précision de ±1 p. 100.

6.2.3 Mode opératoire

Connecter les éléments de l'assemblage d'après la figure F-1. Mettre en marche avec le manomètre accouplé au débitmètre à diaphragme fixé à 0.5 po de H₂O pendant au moins 15 min, afin de permettre à la pompe de se réchauffer et à toutes les parois internes du compteur de gaz type humide de s'humecter. Après la période de réchauffement, effectuer des essais et noter les paramètres recherchés sur le feuille de données illustrée à la figure F-2.

6.2.4 Calculs

6.2.4.1 Rapport volume du compteur humide-volume du compteur sec. À l'aide de l'équation F-2, calculer γ , le rapport volume du compteur humide-volume du compteur sec:

$$[F-2] \quad \gamma = \frac{V_w (P_b + \frac{\Delta m}{13.6}) (t_d + 460) (1 - B_{wo})}{V_d (P_b + \frac{\Delta H}{13.6}) (t_w + 460)}$$

Si la moyenne de γ n'est pas comprise entre 0.99 et 1.01 (1.0 désiré), on doit régler le compteur sec l'intérieur et répéter l'opération d'étalonnage.

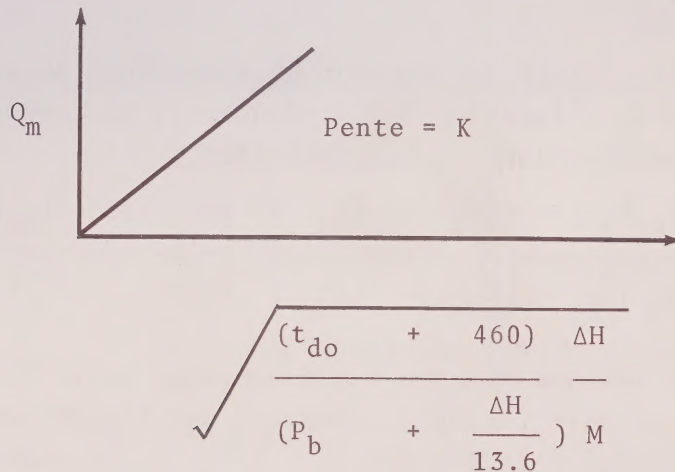
6.2.4.2 Débitmètre à diaphragme. On peut déterminer l'écoulement au niveau d'un débitmètre à diaphragme à l'aide de l'équation F-3:

$$[F-3] \quad Q_m = K \sqrt{\frac{(t_{do} + 460) \Delta H}{(P_b + \frac{\Delta H}{13.6}) M}}$$

À noter qu'on peut aussi obtenir Q_m à partir du débit au niveau du compteur à gaz type humide, à l'aide de l'équation F-4:

$$\left[\text{F-4} \right] \quad Q_m = \frac{V_w}{\theta} (1 - B_{wo}) \frac{(t_{do} + 460)}{(t_w + 460)} \frac{(P_b + \frac{\Delta m}{13.6})}{(P_b + \frac{\Delta H}{13.6})}$$

La constante de proportionnalité K de l'équation F-3 est propre au débitmètre à diaphragme calibré et on la détermine en faisant varier le débit dans l'intervalle de travail du débitmètre à diaphragme et en disposant les résultats sur un graphe semblable à celui qu'on illustre au schéma F-1. A partir de l'équation F-4, calculer la valeur de Q_m .



SCHEMA F-1 ÉTALONNAGE DU DÉBITMÈTRE À DIAPHRAGME

La plupart des dispositifs d'échantillonnage des gaz de cheminée qui sont sur le marché font appel à un abaque pour aider à régler le débit d'échantillonnage. Avant d'utiliser cet abaque, il faut notamment déterminer une valeur pour le paramètre $\Delta H\theta$. On définit $\Delta H\theta$ comme étant la chute de pression au niveau du diaphragme qui donne un débit de $0.75 \text{ pi}^3/\text{min}$ à 70°F , 29.92 po de Hg et un poids moléculaire pour l'air sec de

28.95 lb/lb-mole. On peut transformer et résoudre l'équation F-3 pour déterminer $\Delta H@$, en utilisant les conditions sus-mentionnées, ce qui donne l'équation F-5. En substituant la constante K déjà déterminée, on peut calculer le paramètre $\Delta H@$, propre au débitmètre étalonné.

$$\left[\text{F-5} \right] \quad \Delta H@ = \frac{0.919}{K^2}$$

- où
- γ — le rapport volume du compteur type humide-volume du compteur type sec
 - Q_m — le débit au niveau du débitmètre à diaphragme, pi^3/min
 - $\Delta H@$ — la chute de pression au niveau du débitmètre à diaphragme nécessaire pour entraîner un débit de $0.75 \text{ pi}^3/\text{min}$ à 70°F et 29.92 po de Hg , $\text{po de H}_2\text{O}$
 - t_d — la température moyenne du compteur type sec, $^\circ\text{F}$
 - t_{di} — la température moyenne à l'entrée du compteur type sec, $^\circ\text{F}$
 - t_{do} — la température à la sortie du compteur de gaz type sec, $^\circ\text{F}$
 - Δm — la lecture du manomètre du compteur sec, $\text{po de H}_2\text{O}$
 - M — le poids moléculaire de l'air sec, 28.95 lb/lb-mole
 - K — la constante de proportionnalité,
- $$\frac{\text{pi}^3}{\text{min}} \left(\frac{\text{po de Hg}}{^\circ\text{R po de H}_2\text{O}} \frac{\text{lb}}{\text{lb-mole}} \right)^{\frac{1}{2}}$$
- V_w — le volume du compteur type humide, pi^3

- V_d — le volume du compteur type sec, pi^3
- P_b — la pression barométrique absolue, po de Hg
- ΔH — la chute de pression au niveau du débitmètre à diaphragme, po de H_2O
- 13.6 — un facteur de conversion, po de H_2O /po de Hg
- t_w — la température du compteur type humide, $^{\circ}\text{F}$
- 460 — un facteur de conversion, de $^{\circ}\text{F}$ à $^{\circ}\text{R}$
- θ — le temps, min
- 0.0919 — une constante, $(\text{pi}^6/\text{min}^2)$ (po de Hg/ $^{\circ}\text{R}$) (lb/lb-mole)
- B_{wo} — la fraction volumique de vapeur d'eau dans le gaz passant par le compteur type humide calculée à partir de données partielles sur la pression publiées dans les manuels de chimie, de physique et de génie
- NOTE — on calcule la température moyenne du compteur type sec par l'équation:

$$t_d = \frac{t_{di} + t_{do}}{2}$$

6.3 ÉTALONNAGE DU ROTAMÈTRE

6.3.1 Principe

On peut étalonner le rotamètre à l'aide de n'importe quel débitmètre simple tel qu'un gazomètre volumétrique ou un débitmètre à bulle de savon. Toutefois, à la place de ceci, on peut utiliser la méthode suivante à l'aide d'un compteur de gaz type humide préalablement étalonné. Le montage est illustré à la figure F-3.

6.3.2 Appareillage

6.3.2.1 Compteur de gaz type humide. Il faut un compteur de gaz type humide ainsi qu'un manomètre à eau connecté à l'arrivée du gaz.

6.3.2.2 Divers. Il faut un baromètre, un thermomètre, un compte-secondes, une source d'alimentation en air et une soupape de régulation du débit.

6.3.3 Mode opératoire

Monter l'appareillage d'après la figure F-3. On peut réduire sensiblement la chute de pression en utilisant les joints les plus courts possible et en s'arrangeant pour que le diamètre intérieur des conduits soient le plus large possible. Régler l'écoulement au niveau du rotamètre au débit voulu et noter le temps ainsi que le volume total du compteur de gaz type humide correspondant à des points équidistants sur l'échelle du rotamètre, en partant des valeurs inférieures aux valeurs supérieures. Répéter en sens inverse. Noter les lectures du manomètre accouplé au compteur humide, la température de l'eau et les autres données nécessaires à chaque réglage du rotamètre, selon la figure F-4.

6.3.4 Calculs

6.3.4.1 Débits du rotamètre. Calculer les débits indiqués pour chacune des lectures du rotamètre en divisant les variations du volume du compteur type humide par le temps écoulé. À l'aide de l'équation F-6, transformer les débits ainsi calculés en débits aux conditions de référence, 77 °F et 29.92 po de Hg.

$$\left[\text{F-6} \right] \quad Q_{\text{ref}} = Q(P_w - P_v) \frac{t_a + 460}{P_w(t_w + 460)} \left(\frac{t_a + 460}{T_{\text{ref}}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

où

Q_{ref} — le débit du rotamètre observé aux conditions de référence, pi^3/min

- Q — le débit effectivement mesuré par le compteur de gaz type humide, pi³/min
- T_{ref} — la température de référence, 537 °R
- t_w — la température du compteur type humide (température de l'eau dans le compteur type humide), °F
- t_a — la température ambiante, °F
- P_w — la pression du gaz durant l'étalonnage à l'entrée du compteur de gaz type humide, po de Hg
- P_v — la pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air, à la température du compteur type humide, po de Hg
- P_b — la pression barométrique, po de Hg
- 13.6 — un facteur de conversion, po de H₂O/po de Hg
- Δm — la lecture du manomètre accouplée au compteur à gaz type humide, po de H₂O
- NOTE — $P_w = P_b + \frac{\Delta m}{13.6}$

6.3.4.2 Courbes d'étalonnage. Préparer la courbe d'étalonnage en tenant compte de tous les points et l'intituler "à 77 °F et 29.92 po de Hg". L'utilisation ultérieure du rotamètre demandera l'extraction du débit indiqué par la courbe et sa correction d'après les conditions de référence, à l'aide de l'équation F-7:

$$\left[\begin{array}{l} \text{F-7} \end{array} \right] \quad Q_{\text{ref}} = \frac{Q_i(T_{\text{ref}})}{t_a + 460} \cdot \frac{P_r}{P_{\text{ref}}} \left(\frac{T_{\text{ref}}}{t_a + 460} \right)^{\frac{1}{2}}$$

où

- Q_i — le débit indiqué par la courbe
d'étalonnage, pi^3/min
- P_r — la pression du rotamètre, po de Hg
- P_{ref} — la pression de référence, 29.92 po de Hg
- NOTE — Dans la plupart des cas, on peut
considérer P_r comme la pression barométrique,
 P_b po de Hg

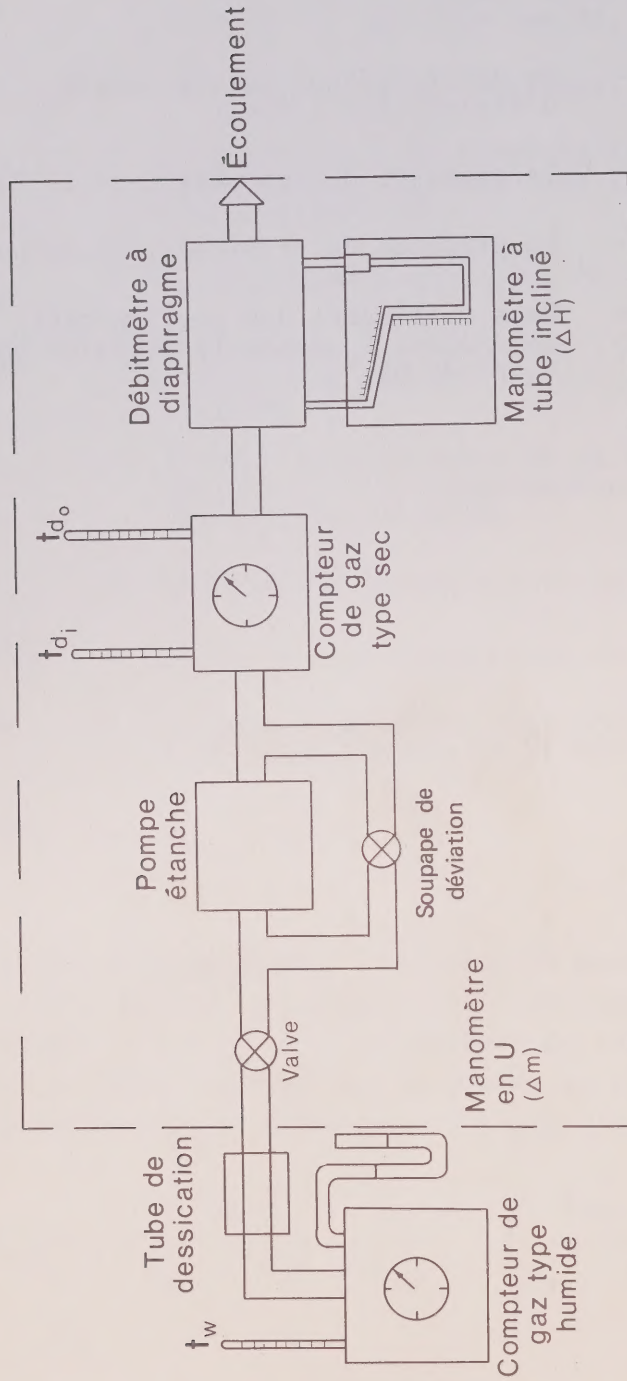


FIGURE F-1 DISPOSITIF UTILISÉ POUR L'ÉTALONNAGE DU COMPTEUR DE GAZ TYPE SEC ET DU DÉBITMÈTRE À DIAPHRAGME

FIGURE F-2 FEUILLE DE DONNÉES SUR L'ÉTALONNAGE DU COMPTEUR DE GAZ TYPE SEC ET DU DÉBITMÈTRE À DIAPHRAGME

Date _____

Pression barométrique, P_b , po de Hg _____

Compteur sec No _____

Réglage du manomètre au niveau du diaphragme ΔH , po de H ₂ O	Volume de gaz mesuré par le compteur humide V_w , pi ³	Volume de gaz mesuré par le compteur sec V_d , pi ³	Température, °F				Temps θ , min'	Lecture du manomètre du compteur humide Δm , po de H ₂ O
			du compteur humide t_w	du compteur sec				
				entrée t_{di}	sortie t_{do}	moyenne t_d		
0.5	5							
1.0	5							
2.0	10							
4.0	10							
6.0	10							
8.0	10							

Calculs

γ	Q_m	Q_m/K	K
$\frac{\dot{V}_w (P_b + \frac{\Delta m}{13.6})}{V_d (P_b + \frac{\Delta H}{13.6})} \frac{(t_d + 460) (1 - B_{wo})}{(t_w + 460)}$	$\gamma \frac{V_d}{\theta} \left(\frac{t_{do} + 460}{t_d + 460} \right)$	$\sqrt{\frac{(t_{do} + 460) \Delta H}{(P_b + \frac{\Delta H}{13.6}) 28.95}}$	

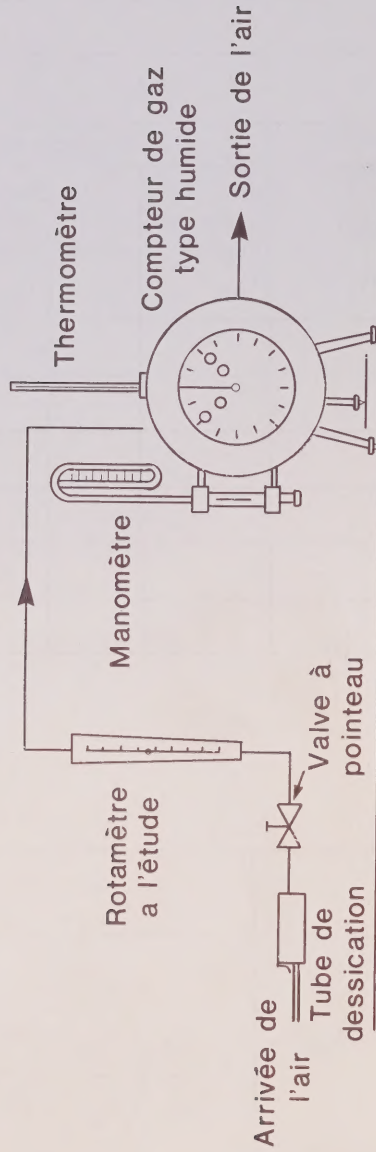


FIGURE F-3 MONTAGE SERVANT À L'ÉTALONNAGE À L'AIDE D'UN COMPTEUR TYPE HUMIDE

FIGURE F-4 FEUILLE DE DONNÉES SUR L'ÉTALONNAGE DU ROTAMÈTRE

Réglage du rota- mètre	Temp. du compteur humide t_w (°F)	Temp. ambiante t_a (°F)	Lecture du manomètre Δm (po H ₂ O)	Volume du compteur humide V_w (ft ³)	Temps θ (min)	Écoulement indiqué $Q = V_w / \theta$ (pi ³ /min)	Écoulement corrigé Q_{ref} (pi ³ /min)

BIBLIOGRAPHIE

MÉTHODE A

American Society of Mechanical Engineers, Determining Dust Concentration in a Gas Stream, ASME Performance Test Code #27, New York, N.Y. (1957).

American Society of Mechanical Engineers, "Standard Method for Sampling Stacks for Particulate Matter", 1971 Book of ASTM Standards, Part 23, Philadelphia, Pa., ASTM Designation D-2928-71 (1971).

Devorkin, H., et al., Air Pollution Source Testing Manual, Air Pollution Control District, Los Angeles, Calif. (Nov. 1963).

Western Precipitation Division, Methods for Determination of Velocity, Volume, Dust and Mist Content of Gases, Joy Manufacturing Co., Los Angeles, California, Bulletin WP-50 (1968).

MÉTHODE B

American Society of Mechanical Engineers, "Standard Method for Sampling Stacks for Particulate Matter", 1971 Book of ASTM Standards, Part 23, Philadelphia, Pa., ASTM designation D-2928-71 (1971).

Mark, L. S., Mechanical Engineers' Handbook, McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, N. Y. (1951).

Perry, J. H., Chemical Engineers' Handbook, McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, N. Y. (1951).

Perry, J. H., Chemical Engineers' Handbook, McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, N. Y. (1960).

Shigehara, R. T., Todd, W. F., et Smith, W. S., Significance of Errors in Stack Sampling Measurements, presented at the Annual Meeting of the Air Pollution Control Association, St. Louis, Mo. (June 14-19, 1970).

Vennard, J. K., Elementary Fluid Mechanics, John Wiley & Sons, Inc., New York, N. Y. (1947).

MÉTHODE C

Altshuller, A. P., et al., "Storage of Gases and Vapors in Plastic Bags", Int. J. Air Water Pollut., 6, 75-81 (1963).

Conner, W. D., et Nader, J. S., "Air Sampling with Plastic Bags", J. Am. Ind. Hyg. Assoc., 25, 291 - 297 (May-June, 1964).

Devorkin, H., et al., Air Pollution Source Testing Manual, Air Pollution Control District, Los Angeles, Calif. (Nov. 1963).

Rogers, G. F. C., et Mayhew, Y. R., Engineering Thermodynamics Work and Heat Transfer, Longmans, Green and Co. Ltd., London (1967).

MÉTHODE D

Danielson, J. A., (ed.), Air Pollution Engineering Manual, Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service, National Center for Air Pollution Control, Cincinnati, Ohio, PHS Publication No. 999-AP-40 (1967).

Devorkin, H., et al., Air Pollution Source Testing Manual, Air Pollution Control District, Los Angeles, Calif. (Nov. 1963).

Western Precipitation Division, Methods for Determination of Velocity, Dust and Mist Content of Gases, Joy Manufacturing Co., Los Angeles, California, Bulletin WP-50 (1968).

MÉTHODE E

Martin, R. M., Construction Details of Isokinetic Source Sampling Equipment, U.S. Environmental Protection Agency, APTD-0531.

Rom, J. J., Maintenance, Calibration, and Operation of Isokinetic Source Sampling Equipment, U.S. Environmental Protection Agency, APTD-0576.

Smith, W. S., Shigehara, R. T., et Todd, W. F., A Method of Interpreting Stack Sampling Data, Paper presented at the 63rd Annual Meeting of the Air Pollution Control Association, St. Louis, Mo. (June 14-19, 1970).

Smith, W. S., et al., Stack Gas Sampling Improved and Simplified with New Equipment, APCA paper No. 67-119 (1967).

U.S. Public Health Service, Addendum to Specifications for Incinerator Testing at Federal Facilities, NCAPC (Dec. 6, 1967).

U.S. Public Health Service, Specifications for Incinerator Testing at Federal Facilities, NCAPC (1967).

MÉTHODE F

Rom, J. J., Maintenance, Calibration, and Operation of Isokinetic Source-Sampling Equipment, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Programs, Research Triangle Park North Carolina, Publication No. APTD-0576 (Mar. 1972).

Brenchley, D. L., Turley, C. D., et Garmac, R. F., Industrial Source Sampling, Ann Arbor Science Publishers, Inc., Ann Arbor, Michigan (1973).

Annual Book of ASTM Standards, Part 23 (1973).

BIBLIOGRAPHIE GÉNÉRALE

Air Management Branch, Source Testing Code, Province of Ontario, Ministry of the Environment (Jan. 1973).

U.S. Environmental Protection Agency, "Standards of Performance for New Stationary Sources", Federal Register, Part II, Vol. 36, No. 247, pp. 24876-24890 (Dec. 23, 1971).



Environnement
Canada

Environment
Canada

Service de la
protection de
l'environnement

Environmental
Protection
Service

Méthodes de référence normalisées en vue d'essais aux sources: mesure des émissions de particules provenant de sources fixes

Règlements, codes et accords
Rapport EPS 1-AP-74-1

Direction générale de la lutte
contre la pollution atmosphérique
février 1974